

Цена 7 руб.

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПРИЕМ ПОДПИСКИ

**на научно-технические журналы
КОМИТЕТА СТАНДАРТОВ, МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР**

на 2-е полугодие 1957 года

„СТАНДАРТИЗАЦИЯ“

„ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА“

**„ИНФОРМАЦИОННЫЙ
УКАЗАТЕЛЬ СТАНДАРТОВ“**

**ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ ВО ВСЕХ
ОТДЕЛЕНИЯХ „СОЮЗПЕЧАТИ“ И АГЕНТСТВАХ СВЯЗИ**

**СВОЕВРЕМЕННО ОФОРМЛЯЙТЕ
ПОДПИСКУ НА 2-е ПОЛУГОДИЕ**

СТАНДАРТГИЗ

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

STAT

აბასთუმანის ასტროფიზიკური მზისმკვლევართა
გთა განყოფილება

ბ ი უ ლ ე ტ ე ნ ი

АБАСТУМАНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
ГОРА КАНОВИЛИ

Б Ю Л Л Е Т Е Н Ъ

12

Е. К. ХАРАДЗЕ

КАТАЛОГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА 14000 ЗВЕЗД
И
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА В ГАЛАКТИКЕ
НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ ИЗБЫТКОВ ЗВЕЗД

1952

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა

თბილისი

Тбилиси

STAT

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

აბასთუმანის ასტროფიზიკური მზისმკვლევართა
გთა უნივერსიტეტი

ბ ი უ ლ ე ტ ე ნ ი

АБАСТУМАНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

ГОРА КАНОВИЛИ

Б Ю Л Е Т Е Н Ъ

12

Е. К. ХАРАДЗЕ

КАТАЛОГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА 14000 ЗВЕЗД
И
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА В ГАЛАКТИКЕ
НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ ИЗБЫТКОВ ЗВЕЗД

1952

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა

თბილისი

Тбилиси

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая работа посвящена исследованию поглощения света звезд в галактическом пространстве на основе цветowych избытков большого количества относительно слабых звезд. Это — одна из наиболее важных астрономических задач, относящихся к изучению строения звездного мира.

В связи с данной задачей мы определили цветowe показатели 14000 звезд от 10.3 до 13.3 звездной величины разных спектральных классов в 43-х Площадях Каптейна №№ 1 — 43.

Материалом для этих определений послужили наши же фотографические наблюдения, выполненные в Абастуманской астрофизической обсерватории, на горе Капобица, в период с 1939 по 1948 г. Фотометрическая обработка наблюдательного материала и связанные с ней вычисления и редукции заняли время с 1942 по 1948 г. и, частично, — 1949 г. Два последних года были посвящены проверочным вычислениям и окончательному анализу и обсуждению всего материала.

Работа состоит из четырех глав.

Первая глава содержит общий обзор исследований по проблеме галактического поглощения. Проблема имеет более чем столетнюю давность. Следовательно, обзор охватывает целый век усилий, направленных астрономами на ее исследование. Она была впервые достаточно четко сформулирована и поставлена 112 лет тому назад в Пулковской астрономической обсерватории. С тех пор русские и советские астрономы сделали многое для изучения этой проблемы и подняли ее на новую высоту. В обзоре показана ведущая роль русских и советских астрономов в этой важной области астрофизики и звездной астрономии. Мы стремились к возможной полноте обзора, который закончен нами характеристикой состояния проблемы в настоящее время и вытекающих отсюда задач. Здесь, естественно, подчеркнуты те стороны проблемы и те вопросы, которые имеют близкое отношение к анализу нашего наблюдательного материала.

Вторая глава работы содержит изложение вопросов, связанных с самим определением цветowych показателей звезд: описание аппаратуры и наблюдений, материала, метода обработки и редукции, вывод звездных величин, приведение их к так называемой интернациональной системе, ха-

рактеристику ошибок определений и т. п. Все эти вопросы получили весьма подробное освещение, что вполне естественно, если иметь в виду, что наблюдения и исследования ставились на новом оборудовании новой обсерватории и к тому же впервые разрабатывалась и применялась соответствующая методика определений.

Третья глава представляет собой составленный нами каталог цветовых показателей четырнадцати тысяч звезд в Площадах Каптейна. Списки предварительных, нередуцированных значений их публиковались нами в предыдущих номерах «Бюллетеня Абастуманской Астрофизической Обсерватории». В этой главе даны, вместе с тем, краткое описание и характеристика Каталога.

В четвертой главе содержатся анализ и обсуждение нашего наблюдательного материала, исследование поглощения света звезд в Галактике на основе цветовых избытков звезд. В ней даны основные результаты, освещающие пространственное распределение и характер галактического поглощающего вещества.

Наконец, следует обширный список литературы, большая часть которой цитируется в работе. Список литературы, также как и обзор, составлялся нами в процессе выполнения всей работы. Практика в нашей обсерватории показала, насколько полезно наличие полной библиографии по данной проблеме; она служит хорошим пособием, особенно, — если проблема является профилирующей и изучается с разных сторон и разными методами, как это имеет место в Абастуманской обсерватории. Поэтому мы сочли целесообразным опубликовать этого списка литературы, который может считаться полным до 1950 года, включительно.

Настоящее исследование представляет собой первую публикуемую крупную работу, которая охватывает около десятка лет планомерных наблюдений и исследований, выполненных в Абастумани, в относительно недавно организованной астрофизической обсерватории, на горе Каноби¹.

Выполнению данного исследования предшествовала (а, отчасти, шла и наряду с ним) работа по организации новой обсерватории, по установке и испытанию наблюдательных инструментов, по организации наблюдений и научных работ в ней.

Успешному завершению этих работ способствовали дружные усилия всего коллектива нашей обсерватории, все члены которого являются энер-

¹ Две другие, приближающиеся к завершению работы, относящиеся к этой проблеме и основанные также на многолетних планомерных наблюдениях некоторых других объектов, с применением других методов, принадлежат М. А. Вашакидзе и В. Б. Никонову (см. в тексте).

Предисловие

5

тичными помощниками автора в строительстве и организации новой обсерватории на горе Канобили. Автор выражает сердечную благодарность всем им, особенно же М. А. Ва ш а к и д з е — ныне доктору физ.-мат. наук, — совместно с которым автор проводил 14 лет тому назад первые испытания установленного тогда нового телескопа, на котором накоплен наблюдательный материал, легший в основу данного исследования. Наконец, автор весьма признателен профессору Московского Государственного Университета имени М. В. Ломоносова П. П. Пар е н а г о за его неизменный интерес к звездноастрономическим работам нашей обсерватории, а также и за замечания, сделанные им еще при ознакомлении с рукописью настоящей работы.

Октябрь, 1951.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЗОР РАБОТ ПО ПРОБЛЕМЕ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ НЕГО ЗАДАЧИ

§ 1. Вводные замечания

В настоящей — первой — главе нашей работы даны обзор наблюдений и исследований по проблеме галактического поглощения света звезд и характеристика нынешнего состояния проблемы.

В обзоре показано развитие работ, приведших к установлению существования космического поглощения света звезд. Отдельные параграфы этой части посвящены работам по изучению общего галактического поглощения, поглощения в темных облаках и избирательного поглощения. Описание работ, утвердивших представление о клочковатом строении космической поглощающей среды, связь между общим поглощением и избирательным поглощением, характер зависимости поглощения от длины волны, природа межзвездной поглощающей среды составляют предмет других параграфов данной главы.

Все это изложено подробно с той целью, чтобы достаточно полно охарактеризовать состояние тех вопросов, которые будут затронуты в связи с выводами, основанными на анализе и обсуждении нашего Каталога. Обсуждение содержится в последней главе данной работы. К тому же при изложении этого материала, попутно мы приводим соображения, обосновывающие постановку и план наших наблюдений и исследований.

В некоторых случаях мы ссылаемся на ряд работ без их обзора и критических замечаний. Мы не могли поставить себе задачей комментирование всех работ, но для полноты обзора нам приходилось ссылаться по возможности на все, как главные, так и второстепенные работы, относящиеся к рассматриваемой проблеме. Но, важнейшие работы и те, которые имеют прямое отношение к исследуемым нами вопросам, комментированы подробнее.

Вполне естественно и заслуженно работы советских астрономов, посвященные данной проблеме, играют видную роль в обзоре. Их целеу-

ремленность и идейность, их ведущее значение явно выступают в обзоре, охватывающем, в общем, усилия астрономов всего земного шара.

Последний параграф данной главы является заключительным и он содержит общую характеристику проблемы галактического поглощения, состояния проблемы в настоящее время и вытекающих отсюда задач.

§ 2. Общая проблема Строения Галактики

Одной из фундаментальных задач астрономии наших дней, как впрочем, и астрономии всех времен, является задача строения Вселенной. Современным исследованиям, посвященным этой важной задаче, закладывались основы с XVIII века, когда стало возможным приступить к выяснению геометрических и физических характеристик звездного мира. Начав систематические наблюдения явлений звездного мира простым наблюдательным методом выборочных звездных подсчетов, астрономы XVIII века заложили научно-наблюдательные основы для исследования строения Вселенной. После этого попытки создания или исследования картины строения Вселенной исходили из наблюдательных данных, а не только из умозрительных основ, как это имело место прежде.

Само собою разумеется, что возможности подобных исследований ограничивались неизбежными упрощающими предположениями, которые допускали равномерное распределение звезд в пространстве, равенство абсолютных величин звезд и полную прозрачность межзвездного пространства. Впрочем, несостоятельность двух первых предположений была вскоре вскрыта, что заставило видоизменить, а затем и вовсе отвергнуть их. Многочисленные и многообразные работы, осуществившиеся в XVIII и XIX столетиях, а также и в первые два-три десятка лет нашего века, привели астрономов к концепции «Островной вселенной» и к современной модели нашей звездной системы — Галактики, которые справедливо признаются за основные достижения звездной астрономии нашей эпохи.

Фундаментальное значение имел факт установления В. Гершелем и В. Я. Струве (Пулковская обсерватория) галактической концентрации звезд и объяснения с помощью последней видимого явления Млечного Пути. Этот результат вытекал из кропотливых и обширных исследований видимого распределения звезд.

Подсчеты числа звезд до данной видимой величины служили при этом одним из основных методов изучения звездного мира.

Подсчеты и привели к важным выводам о том, что число звезд возрастает со звездной величиной медленнее, чем это могло иметь место при равномерном распределении звезд или при полной прозрачности космического пространства. Эти выводы имели боль-

шое влияние на последующие исследования, ибо они заставили признать неравномерность распределения звезд в пространстве и, вместе с тем, их неодинаковую светимость. Они были исходными в звездно-астрономических исследованиях последующего периода, приведших к созданию модели сфероидальной вселенной, наиболее развитая картина которой была дана в двадцатых годах нашего столетия. Можно сказать, что эта картина явилась итогом усилий многих астрономов, чьи исследования опирались, в основном, на подсчеты чисел звезд различного видимого блеска и, вместе с тем, — на математические соотношения между последними и некоторыми функциями, характеризующими распределение звезд (функция звездной плотности и функция частоты распределения абсолютных величин).

Но известно, что сфероидальная модель Вселенной, — хоть ее и можно рассматривать как важное достижение классической звездной астрономии, — не передает в точности истинной картины строения Галактики. Последняя на самом деле имеет значительно более сложное строение. В названной же модели сглажены местные видимые неравномерности строения Млечного Пути. Это сглаживание происходит введением одного общего закона изменения плотности. Но, теперь стало совершенно бесспорным именно то, что невозможно представить одним общим законом изменение плотности звезд в пространстве, также как и их распределение по светимостям. Картина, более приближающаяся к истине, может быть построена лишь при учете тонких структурных особенностей нашего звездного мира, а также и некоторых новых явлений, освещаемых новейшим развитием звездной астрономии и астрофизики.

В связи с этим, с развитием новой звездной астрономии, стали отказываться от поисков новых общих аналитических выражений закона пространственной плотности звезд и, наоборот, наметилось стремление находить отдельные численные значения плотности в различных направлениях и на различных расстояниях от Солнца.

Наши знания о строении Галактики значительно обогатились в первой четверти текущего столетия. Применение новых методов определения расстояний до шаровых звездных скоплений дало возможность очертить внешние границы нашей звездной системы и указать на внецентральное положение солнечной системы в Галактике. Последнее обстоятельство противоречило классической модели, исходящей из симметричного по отношению к Солнцу распределения звезд. Этот результат, а также и ряд работ, показавших, что центр видимого распределения ярких звезд не совпадает с центром видимого распределения слабых звезд, заставили обратить внимание на прочие видимые структурные неоднородно-

ости нашего звездного мира, утвердив, вместе с тем, понятия Местной системы и звездных облаков Млечного Пути.

Однако, эти понятия, а особенно, ряд других представлений и данных о характеристиках Галактики (расстояния, размеры, структура, расположение однотипных объектов) должны были быть пересмотрены в связи с новым открытием, имевшим эпохальное значение, — открытием и доказательством существования поглощения света звезд в галактическом пространстве.

Это открытие потребовало пересмотра взглядов на строение Галактики и, особенно, — переоценку галактических расстояний, что повлекло за собой интенсивное развитие звездно-астрономических исследований. Последние выразились в огромном количестве новых работ по изучению космического поглощения или строения Галактики с учетом поглощения света звезд в ней.

§ 3. Накопление данных, противоречащих представлению о полной прозрачности космического пространства. Космическое поглощение света звезд

Еще до середины прошлого века первый директор славной русской обсерватории в Пулкове В. Я. Струве одним из первых предположил существование поглощения света в межзвездном пространстве, оценил количественный эффект поглощения и попытался вывести пространственное распределение звезд с учетом поглощения [153]. Тем самым он опередил современную ему науку на целое столетие.

По сути дела, В. Я. Струве впервые разработал и сформулировал математическую теорию межзвездного поглощения.

Если допустить, что функция плотности постоянна, т. е.

$$D(r) = \text{const},$$

а интенсивность излучения звезды является функцией расстояния следующего вида:

$$i = f(r) = \frac{i_0}{r^2}$$

то легко прийти к соотношению для чисел всех звезд до некоторых двух значений видимой зв. величины:

$$\log N(m) = \log N(m_0) + 0.6(m - m_0)$$

Анализ же имевшихся уже ко времени Струве звездных подсчетов выявил большие систематические отклонения наблюдаемых чисел звезд от теоретических значений (последние оказывались больше). Струве стоял перед дилеммой: либо отказаться от признания постоянства функции пространственной плотности, допустив падение последней во всех направлениях от Солнца, либо — счесть не выполняющимся строго фотометрический закон квадрата обратного расстояния, т. е. допустить

неполную прозрачность межзвездного пространства. Совершенно резонно критикуя взгляд на возможность симметричного по отношению к Солнцу падения плотности, т. е. выступая против центрального в звездном мире положения Солнца, Струве признал существование некоторого ослабления света в межзвездном пространстве: «...интенсивность света уменьшается в большей пропорции, чем по закону обратных квадратов расстояния» и далес: «из всех этих рассуждений я намерен утверждать, что мы открыли явление, в котором ослабление света звезд несомненно проявляет себя», т. е. «...существует некая потеря света, экстинкция, при прохождении света в небесном пространстве».

Научное предположение русского астронома В. Я. Струве, высказанное им сто с лишним лет назад, теперь доказано, а его оценка величины поглощения удивительно точна для того времени. Таким образом, мы имеем дело не просто со случайной догадкой или необоснованными, почти случайными высказываниями, каковые были характерны для Халлея [521], Шезо [406] и других, а — с настоящим открытием, утвердившим приоритет русской астрономии в данном вопросе.

Значительно позже, — спустя два-три десятка лет, мысль о том, что межзвездное пространство не является вполне прозрачным и в нем имеют место рассеяние и поглощение света звезд, высказывалась со ссылками на новые данные, относившиеся к наблюдению эмиссионных линий в спектрах диффузных туманностей. В этом отношении большое значение имели весьма ранние наблюдения Секки [857], Хэггинса [561] и Ф. А. Бредихина [27, 28, 29, 30], а также более поздние — Клерра [596] и других. Хотя еще в начале XIX века на возможность космического поглощения указывали в связи с идеей о бесконечности Вселенной и фактом конечной яркости ночного неба (так называемый фотометрический парадокс [730]), — лишь фундаментальные исследования В. Я. Струве видимого распределения звезд, выполненные им в сороковых годах, и спектральные исследования русских и зарубежных астрономов, проведенные значительно позже (1864 — 1894 гг), можно считать серьезными наблюдательными данными, которые указывали на наличие межзвездной поглощающей среды.

Что касается фотометрического парадокса (парадокса Ольберса), он привлек к себе внимание Ф. Энгельса, оставившего нам свое высказывание по этому вопросу («Диалектика природы», стр. 221, изд. 1949 г.).

В вышедших в 1912 г. посмертных «Ученых Записках» В. Гершеля [536] описанные им светлые и темные туманности также толковались как указание на межзвездную среду.

М. Вольф, имя которого так часто связывали с первыми открытиями явлений галактического поглощения, на самом деле только в

1890 году, обнаружив туманность, ставшую впоследствии известной под названием Северной Америки, склонился к мысли о поглощении. Впрочем, его высказывания сопровождалось, вместе с тем, серьезными сомнениями [1018]. Лишь Рэннارد, но тоже значительно позже Струве, — в 1894 г., не колеблясь называл темные области с дефицитом звезд в созвездии Змееносца поглощающими массами, «отсекающими свет от ... звезд, находящихся за ними» [759]; см. также [411].

Распространению мысли о наличии в космическом пространстве масс поглощающего свет вещества способствовала работа Барнарда по фотографированию Млечного Пути, предпринятая им в 1889 году в Ликской Обсерватории, продолженная затем в Иеркской обсерватории и в обсерватории на горе Вильсон [298, 299, 300, 301, 302, 303, 306] и законченная в двадцатых годах нашего столетия посмертным изданием получившего широкую известность Атласа избранных участков Млечного Пути¹ [309]. Великолепные фотографии Млечного Пути дали Барнард у основания утверждать, что, наряду с областями действительных дефицитов звезд, имеются и скопления темных, поглощающих масс [304, 305, 307, 308]. Работы Барнарда нельзя рассматривать как доказательство поглощения, но они прибавили много нашим знаниям о вероятном распределении поглощающего вещества в участках Млечного Пути.

Русский астроном Г. А. Тихов [155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162] является пионером исследований, содержащих попытки обнаружить межзвездное рассеяние света путем комбинированных наблюдений в разных свето-фильтрах. Первые из его работ опубликованы в конце прошлого и в начале текущего столетий.

Другие аналогичные исследования [720, 721, 722, 723, 724, 971], находящиеся в приблизительном соответствии с идеей Араго или Ньютона², выражающей возможность открытия космического рассеяния света путем наблюдения затмений небесных тел в различных длинах волн, были опубликованы уже не раньше 1908 г. Тихов был, вместе с тем, наиболее решителен в суждениях о существовании поглощения и наиболее последователен в соответствующих исследованиях.

¹ Изданный сравнительно недавно Атлас Млечного Пути Росса [778] делает его автора продолжателем предпринятой Барнардом работы. Уместно тут же указать на результаты Бааде и Милковского [288], как на современное развитие фотографических работ, как средства исследования тонких структурных особенностей звездных миров и вместе с тем, на достижения А. А. Калиняка, В. И. Красовского и В. Б. Никонова [75], как на новейшее и весьма важное средство, служащее той же цели.

² Идея была высказана в письме Ньютона к Флэмстиду (1691 г.) вместе с просьбой наблюдать затмения спутников Юпитера для выяснения возможных изменений цвета перед их исчезновением в тени. Араго же предлагал наблюдать прохождение тени спутника по диску, допуская возможность обнаружения цветной каймы вокруг кружка тени. Оба рода наблюдения дали отрицательный результат.

Нужно отметить и то, что новые идеи и способы Тихова вначале были встречены критически зарубежными астрономами. Некоторые из последних пытались объяснить результаты Тихова чисто инструментальными и атмосферными причинами [747, 572]. Однако, последовательные и обстоятельные исследования Тихова вскоре заслужили всеобщее признание.

В опубликованных Тиховым работах более позднего времени (1910 — 1912 гг.) мы встречаем прозорливые высказывания не только о существовании поглощения, но и о возможных источниках, природе и методе его обнаружения и изучения (кроме указанных выше работ см. [163, 164, 165, 166]), не говоря о том, что его первые высказывания в пользу рассеяния света в межзвездном пространстве относились пока еще к 1896 году, когда он, будучи студентом Московского Университета, писал студенческое сочинение, результаты которого были опубликованы двумя годами позже [155]. Первой экспериментальной основой, послужившей Г. А. Тихову для исследования межзвездного рассеяния, было сравнение фаз колебаний линий в спектрах спектрально-двойных звезд. Эта задача заинтересовала и академика А. А. Белопольского, который в течение около 3-х лет собрал в Пулковке, для этой цели, до 200 спектрограмм спектрально-двойных звезд [23, 24].

В работе 1905 года Г. А. Тихов писал:

... «Еще с большим правом мы можем допустить существование дисперсии в межзвездном пространстве, так как в нем мыслимо присутствие разреженной материи» ([156], стр. 2).

Тихов, очевидно, уже тогда отдавая дань сложности структуры нашего звездного мира, писал также:

«Дальнейшим шагом было бы выяснение того, насколько свойства пространства одинаковы по разным направлениям. Всего естественнее ожидать, что различие свойств возможно при сравнении плоскости млечного пути с направлением перпендикулярным к ней» (там же, стр. 73); и что еще замечательнее:

«Кроме различия оптических свойств пространства при переходе от плоскости млечного пути к его оси, возможны местные изменения вследствие присутствия огромных масс газообразной материи» (стр. 73).

Он справедливо заявлял, что «общепринятое мнение об отсутствии дисперсии в межзвездном пространстве основано на астрономических наблюдениях, не обладающих достаточной точностью для решения этого вопроса» (стр. 89) и предлагал целую программу исследований, пропагандируя при этом идею распространения наблюдений с зеркальными телескопами... «в России, особенно в южных широтах...», заявляя тут же, что ... «было бы в высшей степени важно, чтобы исследованием дисперсии

пространства заявлялись и другие обсерватории, имеющие для этого необходимые инструменты» (стр. 74).

Все это было написано в 1905 году. Теперь, с уровня, которого достигло развитие данной проблемы, мы можем полностью оценить глубину и прозорливость пионерских исследований, выполненных выдающимся русским астрономом Г. А. Тиховым полвека тому назад.

Любопытно ознакомиться еще с некоторыми другими из высказываний Г. А. Тихова, но относящимися уже к 1910 — 1912 годам.

«Нет сомнения, что в космическом пространстве... находятся в громадном количестве мелкие частицы обыкновенной материи. Достаточно указать для этого на явление падающих звезд и на непрерывное рассеивание вещества кометными хвостами... Все эти частицы так или иначе ослабляют и задерживают световые волны на их пути... Поглощение света в пространстве не подлежит, поэтому, никакому сомнению...» ([163], стр. 4).

Далее:

«Нет сомнения, что среди частиц космической пыли существуют такие, диаметр которых значительно меньше длины волны. Эти частицы должны, следовательно, вызывать дифракционное (геометрическое) поглощение света, а потому существование его не подлежит сомнению...» (там же, стр. 6).

И, наконец:

«В космическом пространстве существует распыление света мельчайшими частицами, увеличивающееся с уменьшением длины волны» ([164], стр. 105), или:

«Найдены указания на поглощение в пространстве ультрафиолетовых лучей (0,380 μ), быстро исчезающее с увеличением длины волны» ([165], стр. 128).

Цитированное показывает, что работы Тихова означали постановку данной проблемы, а затем и ее новое состояние, характеризующее разработкой нового пути, ведущего к ее исследованию.

Тихов пришел к открытию явления, имевшего впоследствии большое значение в деле изучения переменных звезд, а высказанные им мысли о возможном межзвездном рассеянии света и попытки обнаружить последнее, вызвали в 1908 — 1909 гг. оживленную дискуссию, в которой принимали участие П. Н. Лебедев и другие [92, 93, 971, 539, 636, 747]. Эта дискуссия имела влияние на зарубежных астрономов и расширила их усилия выяснить вопрос о наличии поглощения разными способами и на различных небесных объектах [702, 383, 384]¹.

¹ Г. А. Тихов писал по этому поводу уже в 1910 году: «... найденные и опубликованные мною результаты вызвали много исследований в России и за границей. Вопрос изучается и критикуется с разных точек зрения» ([164], стр. 105).

Интересно, что при этом стали рассматривать вопрос о возможном существовании метеорных масс в межзвездном пространстве [788], на что указывал сам Тихов в цитированных работах. Это допущение и в наши дни используется не только при общей трактовке вопросов, но и в практических целях, как исходное для вычислений размеров частичек, массы, плотности межзвездного вещества и т. п.

Работами, которые можно было рассматривать как содержащие прямые указания на существование межзвездного твердого пылевого вещества, способного рассеивать и поглощать свет звезд, следует признать исследования 1908 — 1909 гг, в которых разности в относительных интенсивностях в фиолетовой части спектра ряда звезд толковались как эффект межзвездного рассеяния, и те (того же периода и более поздние), в которых было показано увеличение показателей цвета звезд, с уменьшением собственных движений, т. е. — с увеличением расстояний (см. работы [591, 592, 593, 595, 606, 607, 608, 258, 701, 377], среди которых особенно важны первые четыре, принадлежащие Каптейну). Результаты этого периода, конечно, не могут идти в сравнение с результатами, которые основаны на современных нам знаниях о звездных величинах, расстояниях, делении звезд на гиганты и карлики, имеющем столь большое значение в интерпретации цветов и т. п. Но, методическое значение их сохранено поныне.

Естественно, что после открытия деления звезд на гиганты и карлики, наблюдаемое покраснение можно было толковать и как чистый эффект абсолютной величины, в связи с вероятным увеличением числа абсолютно ярких звезд среди далеких. Действительно, потребовались годы исследований и накоплений дополнительных данных, чтобы выяснить долю участия эффекта абсолютной величины в упомянутом соотношении и окончательно установить факт пространственного межзвездного покраснения звезд, т. е. — эффект, независимый от собственного покраснения в атмосфере звезды.

Для признания последнего факта важное значение имела подмеченная идентичность спектров ряда туманностей, светящихся отраженным светом, со спектрами освещающих их звезд. Она приводилась как указание на наличие рассеивающей среды, состоящей преимущественно из твердых частичек [881]¹.

Так росли указания на существование межзвездной материи, поглощающей и рассеивающей свет звезд. Данные исследований периода 1919 — 1926 гг [442, 739, 740, 741, 1019, 1020, 1021, 1022, 641], основанных на обширных подсчетах звезд, уже почти без сомнений толковались в свете существования космических поглощающих

¹ В этой же связи отметим обширные исследования туманностей Хаблом [555, 556].

масс. К этому времени лишь немногие астрономы склонялись к тому, чтобы видимое на небе распределение звезд целиком объяснить местными сгущениями звезд или местными разрежениями и то лишь на больших галактических широтах, [865]. Интересно отметить, что Шарлье [404] в своих космогонических построениях исходил из убеждения в полной прозрачности космического пространства и не допускал мысли о поглощении. Большинство же все решительнее высказывалось за объяснение неправильностей в видимом распределении поверхностной звездной плотности, главным образом, поглощением.

Окончательному созреванию концепции космического поглощения света звезд способствовали также работы, выявившие закономерности в мире внегалактических туманностей [640, 642, 643, 644, 557, 558, 559]. Уже в 1929 году Шален со всей определенностью указывал на необходимость полного признания межзвездного поглощения [794], чему послужило обнаруженное им, — в результате предпринятого подсчета звезд в областях Цефея и Кассиопеи, — уменьшение звездной плотности по мере удаления от Солнца.

Но решающее значение имели исследования, посвященные звездным скоплениям. Советский ученый Б. А. Воронцов-Вельяминов, составив еще в 1929 году каталог интегральных фотографических звездных величин шаровых звездных скоплений [43] и обработав его, истолковал обнаруженные им закономерности в физических характеристиках шаровых скоплений с точки зрения пространственного поглощения света звезд [44].

Известным работам Трэмплера [966, 967, 968] и Ван-де-Кампа [583], посвященным скоплениям и единственно упоминаемым до сих пор во всех зарубежных источниках как доказательства существования поглощающего слоя масс твердых частичек, на самом деле предшествовали названные исследования Б. А. Воронцова-Вельяминова.

Однако, еще в начале XX столетия были получены указания, а затем и доказательства присутствия в межзвездном пространстве также и газовой среды. Наличие в спектрах звезд линий и полос поглощения, не участвующих в доплеровых смещениях других линий данных звезд, и независимых от зенитного расстояния и, стало-быть, не принадлежащих ни звездной, ни земной атмосфере, — явилось фактом, указывающим на существование газовой среды в межзвездном пространстве¹. Во многих

¹ Линии поглощения, производимые кальциевыми атомами межзвездной среды были открыты в 1904 году Гартманом [524], хотя Кэмпбелл и Райт еще раньше (в 1901 г) заметили подобные линии в спектре Новой Персея [395, 396], не дав, однако, им такого объяснения, как другие. Эддингтон выдвинул гипотезу о межзвездном происхождении «стационарных линий», путем поглощения лучистой энергии звезды атомами кальциевого газа,

случаях эмиссионные линии, наблюдаемые в спектрах диффузных туманностей видны на фоне непрерывного спектра. Стало-быть, в таких туманностях газ сосуществует с твердыми частичками; при этом относительная пропорция газа и пыли твердых частиц может быть совершенно различна в разных туманностях. М. А. В а ш а к и д з е [39] в Абастуманской астрофизической обсерватории исследовал поляризацию в ряде диффузных туманностей и нашел, что в NGC 6514, 6618, 1976 и 1977 поляризация излучения составляет 10, 8, 14 и 7% %, соответственно. Следовательно, пылевая компонента в них составляет заметную величину, хотя и различную для разных туманностей. Очевидно, что и темные туманности, признаваемые за скопления твердых частиц, не лишены вещества и в газовом состоянии, но последние либо содержатся в незначительной пропорции, либо его атомы остаются незримыми, т. к. не возбуждаются ввиду отсутствия вблизи горячих звезд [556].

Имеются основания полагать, что диффузное вещество весьма распространено в Галактике, но оно легко доступно прямому наблюдению лишь там, где коротковолновая радиация ранних звезд заставляет их светиться или, где имеет место отражение. В других случаях их не видно или, во всяком случае, для их обнаружения требуются специальные, наблюдательные средства. Большим небулярным спектрографом обсерватории Мак-Дональд в комбинации со светосильной камерой, О. Струве с сотрудниками спектрографировали небо и обнаружили эмиссионные линии водорода во многих направлениях, и на больших поверхностях неба даже там, где нет видимых следов туманностей, но преимущественно на малых галактических широтах в областях Млечного Пути, в созвездиях Лебедя, Единорога и Цефея [947, 943]. (См. также [948, 950 и 952]).

находящегося в галактическом пространстве. Позднее межзвездные — «стационарные» линии кальция, натрия и других элементов были обнаружены в спектрах ранних звезд и другими астрономами [880, 528, 1023, 674, 437, 440, 441]. В спектрах звезд поздних классов межзвездные линии трудно отделить от линий звездного происхождения, но в 1939 году удалось обнаружить линии межзвездного натрия и в спектре звезд типа N и R благодаря весьма большому лучевым скоростям этих звезд [790, 791]. Были открыты и идентифицированы также и межзвездные линии молекулярного происхождения [959, 314, 315, 668, 669, 259, 422, 423], при этом первые указания на межзвездные молекулы были сделаны еще в 1935 году [784].

В настоящее время зарегистрировано несколько десятков межзвездных атомных и молекулярных линий, из которых лишь немногие остаются до сих пор неидентифицированными [317, 318, 264]. Возможно, что они принадлежат свободным молекулам, окружающим твердые частицы [565]. Найденные до сих пор линии принадлежат сравнительно небольшому числу элементов (H, Na, K, Ca, Ti, Fe, N, O) и соединений (CN, CH), но не исключена вероятность открытия новых линий, т. к. есть основания считать, что все или, по крайней мере, большинство атомов, являющихся составными в веществе земной коры или атмосферы, или звезд и планет, должны присутствовать и в межзвездном пространстве. Впрочем, область спектра в пределах длин волн от 3100 до 5000 Å хорошо исследована в этом

Впрочем, эти места все-таки оказались близкими к горячим звездам; в них группируются звезды типа O , следовательно, можно заключить, что механизм свечения в данном случае аналогичен механизму свечения диффузных туманностей, т. е. межзвездный водород возбуждается интенсивным ультрафиолетовым излучением горячих звезд. Но, нам интересен вывод, который можно сделать из сказанного: диффузные туманности не являются лишь локальными сгущениями газового вещества и, последнее широко распространено во всем галактическом пространстве. Будущие исследования этой стороны вопроса, весьма интересной с точки зрения изучения космического поглощения, очевидно, возможно вести успешно на основе наблюдательных данных, доставляемых мощной спектральной аппаратурой или новыми средствами исследования.

Чрезвычайно интересным и важным является недавнее открытие академиком Г. А. Шайном водородных облаков межзвездного пространства (см. также [435 и 927]).

Это открытие требует более подробного освещения. В 1949—50 г. при помощи светосильной двойной камеры в комбинации с двумя узкополосными фильтрами, с пропусканием вокруг H_α и вне H_α , Г. А. Шайн и В. Ф. Газе получили в Крымской астрофизической обсерватории снимки светлых диффузных туманностей. Снимки позволили авторам выделить газовую и пылевую составляющие светлых туманностей. Обнаружен особый вид полуправильных светлых туманностей с периферийным более или менее симметричным распределением вещества [229]. Снимки позволяют обнаруживать не только новые туманности, но вместе с тем, и весьма интересные структурные особенности, бросающие свет на природу этих образований. Анализ нового материала позволил авторам прийти к важному выводу, что для большинства туманностей должна быть тесная генетическая связь с облучающими их звездами. Исследования Г. А. Шайна открывают новые возможности для изучения взаимоотношений

отношений и новые линии могут найтись скорее вне этой области. Тем более, что особые физические условия межзвездного пространства, которые определяются, например, ослабленным излучением, относительно низкой частотой атомных столкновений и слабой степенью возбуждения, вынуждают атомы оставаться в нижних энергетических состояниях. А в таких условиях они поглощают, главным образом, линии, находящиеся в той области спектра, которая недоступна обычным (фотографическим) наблюдениям.

Интересные данные об относительных частотах распределения элементов в межзвездной среде были сообщены на 7-ом конгрессе Международного Союза астрономов [1032, 9-15]. Из них следует, что водород является наиболее обильным элементом, превосходящим все другие. Обозрения водородных диффузных туманностей Г. А. Шайном и В. Ф. Газе (см. ниже) свидетельствуют об огромном богатстве межзвездной среды этим элементом.

Замечания о количественном химическом составе, отсутствии линий поглощения ряда атомов, плотности и массе межзвездного газа см. в обзоре В. А. Воронцова-Вельяминова ([48], стр. 213—219).

2. Вюла. Абст. астроф. обс., № 12

между звездами и межзвездной материей. Некоторые из имеющихся уже выводов могут толковаться в свете идей В. А. Амбарцумяна о звездных ассоциациях [226]. Таким образом, ряд наблюдаемых объектов и явлений, как то: светлые диффузные туманности, стационарные линии поглощения в звездных спектрах, темные туманности, проявляющие себя резким дефицитом звезд, покраснение звезд, увеличивающееся с расстоянием и т. п. явления, открытые последовательно на протяжении десятков лет, убеждали в существовании значительного количества вещества в межзвездном пространстве и, главным образом, около плоскости Млечного Пути.

Доказательством последнего служило также открытие «Зоны избегания» в результате реализации к 1934 году капитальной работы по исследованию видимого распределения внегалактических туманностей [560].

Несоблюдение закона квадратов обратных расстояний в отношении распространения света ряда звезд, для которых известны тригонометрические расстояния и абсолютные величины ([411] и др.), тоже указывало на то, что космическое пространство не вполне прозрачно.

Наконец, некоторые явления, наблюдаемые во внешних звездных системах, также оказались, по аналогии, подтверждением существования поглощающего вещества в нашей звездной системе¹.

Советский астроном М. С. Эйгенсон еще в 1936 г. показал на анализе средних поверхностных яркостей спиральных туманностей и их наклона к лучу зрения, экваториальную концентрацию поглощающего вещества во внешних звездных системах [242, 243, 249], что было очень важно с рассматриваемой точки зрения. Вместе с тем, он вычислил для внегалактических спиралей оптическую толщину, поглощение вдоль экватора и в зоне избегания спирали, толщину слоя и общее и избирательное поглощение. Результаты оказались близкими к соответствующим значениям, относящимся к Млечному Пути. Таким образом, М. С. Эйгенсоном, наряду с качественной, была обнаружена и количественная аналогия.

Лишь позднее Стеббинс в США показал на точных фотоэлектрических измерениях наличие в Галактике избирательного поглощения, а затем Линдبلاد опубликовал свое исследование поглощения в центральной области спиральной туманности NGC 7331, где он нашел поглощение, равное поглощению в Млечном Пути [633]. Его резуль-

¹ Кэртис в Ликской обсерватории, в 1918 г., сфотографировал несколько внегалактических туманностей, обнаруживших явные следы темной материи [418]. Хотя, тогда еще не было известно, что эти объекты представляют собой отдельные звездные системы, тем не менее фотографии Кэртиса послужили дополнительным указанием на наличие в космическом пространстве темной, поглощающей материи. Лундмарк [641] и Берихеймер [360, 359], а позднее и Хольмберг [547], поддерживали выводы Кэртиса.

таты оказались также прекрасным подтверждением ранним выводам М. С. Эйгенсона.

Благодаря данным работам Эйгенсона, прочно вошел в исследования новый метод изучения Галактики посредством внегалактических туманностей. Но, необходимо заметить, что значение открытия Эйгенсона выходит за пределы, обусловленные интересами к некоторым новым наблюдаемым фактам, внешние характеризующим астрономическую Вселенную. Новое открытие, показав, что поглощение света является общим явлением в мире внегалактических туманностей, а не исключительным свойством нашей Галактики, явилось подтверждением, как правильно указывает М. С. Эйгенсон, коперниканского тезиса о нашем неисключительном положении во Вселенной [244].

Таким образом, новые факты, доставляемые звездной астрономией нашего времени, вновь отвергают геоцентризм в самом широком смысле этого понятия и приводят к наиболее глубокому обобщению взглядов великого славянского мыслителя — Коперника.

Вполне последователен и тот факт, что такое широкое толкование новых наблюдательных данных принадлежит советским ученым, — поборникам материалистической науки.

Следовательно, существование поглощения, т. е. ослабления света звезд при прохождении сквозь материальную среду в межзвездном пространстве, обнаружено на многих объектах астрономического мира. При этом, по современным взглядам, поглощение вызывают: 1) нейтрально и избирательно поглощающая, широко распространяющаяся среда, составленная из отдельных «пылевых» облаков различной плотности и различной поглощательной способности и 2) межзвездный газ, поглощающий монохроматически.

Коль скоро космическое поглощение стало установленным фактом, возникла необходимость пересмотра и ревизии всех взглядов и выводов о строении Галактики, и, особенно тех, которые строились на данных о видимых звездных величинах, поскольку последние оказались искаженными поглощением.

В течение большого периода времени, охватывающего около двух столетий, астрономы, настойчиво проникая все глубже в нашу звездную систему, получили оценки размеров, сжатия, вращения и других характеристик Галактики. При этом, общим методом служили, в большой степени, расчеты галактических расстояний по закону уменьшения яркости пропорционально квадрату расстояния. Но, доказательство существования поглощения сделало именно этот последний закон неприменимым к Галактике. И, наряду с тем, что открытие поглощения сразу сняло целый ряд противоречий (уменьшило исключительно большие размеры, приписываемые до того Галактике и окончательно отвергло несостоятельные взгляды

на исключительность нашей звездной системы — идею «сверхгалактики», вскрыло причину видимого отсутствия ядра Галактики и т. д.), оно потребовало введения многих новых коррективов в наши расчеты и представления.

Это и обусловило всю важность изучения поглощения и вызвало необходимость соответствующей переоценки галактических расстояний и размеров. Следовательно, интерес к поглощению возник не в смысле выяснения физической природы поглощающего вещества, — хотя этот вопрос представляет также самостоятельный астрофизический интерес, — но, в первую очередь, — в смысле определения и применения поправок при звездно-астрономическом представлении картины строения Галактики на основе видимых звездных величин.

С тридцатых годов текущего столетия работы и исследования, направленные на изучение космического поглощения особенно оживились. При этом, эти работы шли по четырем основным руслам: изучение общей непрозрачности космического пространства, исследование темных туманностей в зоне Млечного Пути, определение цветовых избытков звезд и других объектов (исследование избирательного поглощения) и изучение межзвездного газа. Все эти работы служили двум общепризнанным целям — введению поправок в видимое пространственное распределение звезд и выяснению физической природы поглощающего вещества.

Однако, изучение поглощения должно служить не только этим двум целям, но и более непосредственной задаче — исследованию пространственного строения всей материальной Галактики, поскольку межзвездное вещество представляет собой значительную, хотя и преимущественно темную, невидимую, составляющую Вселенной. Наиболее полное изучение Галактики возможно путем одновременного исследования как звездного (светлого), так и незвездного (темного) вещества.

Другими словами: если основной проблемой строения Галактики считать проблему пространственного распределения звезд и важнейшей предпосылкой для успешного решения этой проблемы — возможность правильно учитывать влияние поглощения, то пространственное распределение поглощающего вещества и само по себе следует признать важной составляющей той же структурной проблемы Галактики в целом.

Роль невидимой материи возрастает в связи с открытием метагалактического поглощения, имевшим место в самые последние годы. Это открытие заставляет смотреть на темную, поглощающую материю как на универсальное явление.

Примечательно, что и данное открытие, имеющее большое принципиальное значение с точки зрения космогонии и материалистической философии, принадлежит также советскому ученому. М. С. Эйгенсон,

обработав несколькими способами наблюдательные данные, относящиеся к весьма далеким внегалактическим туманностям, обнаружил и оценил величину метagalактического поглощения [247, 254, 253]. Это открытие нашло убедительную иллюстрацию в наблюдениях зарубежных астрономов [917, 916].

Вместе с тем, исследования Эйгенсона в СССР и наблюдения Стеббинса за рубежом выявили близость значений отношений общего поглощения к избирательному в отдельных галактиках и в метagalактическом пространстве. Этот результат имеет важный смысл, поскольку он указывал на единство поглощающей материи в исследованной части Вселенной. Дальнейшее развитие исследований Эйгенсона, приведшее его к оценке плотности всей темной метagalактической материи и к исправлению значения Джинса для метagalактической плотности, дает материал для важных заключений космогонического характера и приводит к концепции, по которой все изученное нами космическое пространство заполнено рассеянной, поглощающей материей, а галактики являются уплотнениями в общем непрерывном материальном поле рассеянной материи. Более того, нельзя считать невероятным присутствие даже отдельных звезд в межгалактическом пространстве. На многих примерах можно показать, сколь актуально подробное и глубокое исследование космического поглощения света с общей звездно-астрономической, астрофизической и, наконец, с космогонической и философской точек зрения. Уместно отметить тут, что проблема представляет важное значение, в частности, и в связи с вопросом о бесконечности Вселенной, на что еще в 1937 году справедливо указывал акад. В. Г. Фесенков [182, 183], рассматривавший такие характеристики общего поглощения света, при которых можно было бы построить модель бесконечной вселенной, не противоречащую наблюдениям. Эйгенсон показал полную совместимость конечной яркости ночного неба и бесконечной Вселенной [245, 246]. Можно считать, что проблема согласования конечной яркости ночного неба с бесконечностью Вселенной советскими учеными решена.

§ 4. Общее галактическое поглощение

Первые попытки определения методами звездной статистики общего поглощения в Млечном Пути и, именно, в местах, не пораженных темными туманностями исходили в основном из рассмотрения функции плотности, принимаемой в том или ином виде. Но, именно в отношении этой функции астрономы не располагали хоть сколько-нибудь удовлетворительными данными, не зная, собственно, как меняется звездная плотность в разных направлениях от Солнца. Понятно, поэтому, что первые попытки не могли дать удовлетворительных результатов, хотя, отдельные выводы

качественного характера в общем служили делу разгадки тайн космического поглощения и строения Галактики¹.

Более или менее надежные определения общего фотографического поглощения выполнены в тридцатых годах на основе методов, в которых сравнивают между собой геометрические и фотометрические расстояния данных объектов. Известен «способ скоплений», относящийся к подобным методам. В данном случае до сих пор ссылались почти исключительно только на исследование Трэмплера, однако необходимо помнить, что еще в 1929 г. советский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов, как мы заметили уже выше, опубликовал каталог интегральных фотографических звездных величин шаровых звездных скоплений [43], на основе анализа которого показал наличие межзвездного поглощения света [44]. Применение «способа скоплений» привело Трэмплера к значению общего поглощения, равному 0.67 зв. величины на кпс [968, 966, 970], (см. также [766]). Это значение общего фотографического поглощения быстро утвердилось, несмотря на критику Бруггенката [389], указавшего на возможность ошибки Трэмплеровской классификации скоплений по их концентрации. Критика не была лишена оснований, так как эта классификация, являющаяся исходной для способа Трэмплера, сама не исходила из физического обоснования, а опиралась на видимую концентрацию звезд в скоплениях, которая со своей стороны не может не зависеть от расстояний. Следовательно, метод мог таить ошибки, допускаемые опять таки эффектом расстояния.

П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркин и Н. Ф. Флоря, изучив распределение в пространстве всех известных шаровых скоплений, обнаружили зависимость между избытком цвета скоплений (по фотоэлектрическим данным Стеббинса и Уйтфорда) и их линейными диаметрами, вычисленными по видимым диаметрам и исправленным за влияние поглощения света [141]. Последние оказались тем меньшими, чем больше избыток цвета, а соответственно, и общее поглощение. Подобный же результат получила К. А. Бархатова и для рассеянных звездных скоплений [21], т. е. тех самых объектов, которыми пользовался Трэмплер. Следовательно, поглощение влияет не только на видимую

¹ Интересно отметить, что Халльм, например, нашел, что частота звезд растет от галактических полюсов к галактическому экватору быстро, но достигая максимума на некотором значении широты, начинает дальше уменьшаться. Он объяснил это явление наличием сравнительно тонкого поглощающего слоя вдоль галактического пояса [523]. Другие работы, построенные на анализе распределения внегалактических туманностей или шаровых звездных куч, привели к выводам, согласным с данным заключением, несмотря на то, что шаровые кучи, с точки зрения данной задачи, являются несколько неудачными объектами исследования, т. к. на эффект межзвездного покраснения накладывается эффект увеличения собственного цвета (преобладание поздних спектральных классов) с приближением к галактическому кругу.

звездную величину, как допускал Трэмплер, но и на угловой диаметр скопления.

После этих работ советских астрономов стало понятным почему значение поглощения света по Трэмплеру занижено по сравнению с большинством из других определений. Если не учитывать влияния поглощения на размеры скоплений, величина поглощения, основанная на анализе диаметров скоплений, будет несомненно меньше действительной величины, поскольку она представит, по сути дела, разность между влиянием поглощения на зв. величины и влиянием на видимые размеры скоплений.

Джой использовал для своих исследований Цефеиды. Последние и сегодня являются объектами, привлекающими к себе внимание астрономов, изучающих поглощение, благодаря их большой галактической концентрации, большим расстояниям, малым пекулярным движениям и, наконец, благодаря простоте определения их абсолютных звездных величин. Джой сравнивал геометрические расстояния Цефеид, получаемые из галактического вращения, с фотометрическими, вытекающими из применения известного соотношения «период-светимость» и видимых величин. Для приведения этих расстояний в согласие между собой, он должен был допустить наличие общего поглощения величиной около 0.8 звездной величины на килопарсек [577, 578]. Подобный метод — один из лучших для определения среднего поглощения. Но, значение, полученное Джоем для поглощения, следует считать преуменьшенным, в связи с неизбежной селекцией материала, составленного из звезд, видимых на больших расстояниях и, следовательно, расположенных в областях, сравнительно менее подверженных поглощению. Это последнее обстоятельство также заставило обратить на себя внимание астрономов. В связи с ним Ван Райн, вводя в свои исследования поглощение Джоя, предпочел пользоваться несколько увеличенным значением его — до одной звездной величины [768].

Однако, позднее, многими исследованиями были подтверждены выводы московских астрономов Б. В. Кукаркина [85], П. П. Паренного [131] и Н. Ф. Флоря [196] о том, что средний коэффициент фотографического поглощения света в галактической плоскости имеет величину, большую, чем его первые оценки.

Первые же работы исключительно обострили интерес к космическому поглощению и дали начало целому ряду наблюдений и исследований, которые с большим оживлением ведутся и в наши дни, и в результате которых накопилась огромная литература, посвященная космическому поглощению. Вместе с тем они, также, как и работа Ван-де-Кампа (1583) и др.), послужили указанием на существование общего поглощения даже в тех местах Млечного Пути, где нет явных следов темных туманностей (обскурации).

Цефеиды доставляли и другой способ определения поглощения, основанный на большой концентрации их около галактического круга и на связанном с ней равном их удалении от экваториальной плоскости Млечного Пути. Наблюдения, очевидно искаженные поглощением, обнаружили систематическое увеличение расстояний от галактической плоскости с увеличением фотометрических расстояний до Цефеид. Такой результат не только интерпретировался как влияние поглощения, но он, вместе с тем, послужил основой для оценки величины поглощения¹.

В этой области интересные исследования принадлежат Пулковскому астроному О. А. Мельникову [112, 114]. (См. также значительно менее полное исследование Боттлингера и Шнеллера [379] и Минера [695]).

О. А. Мельников определил коэффициент фотографического поглощения, пользуясь ζ — координатами и галактическим вращением долгопериодических цефеид. Он справедливо указал на то, что все эффекты, отрицательно влияющие на определение поглощения методом ζ — координат и составляющие основание для критики этого метода, на самом деле имеют влияние и на другие методы. Это влияние при настоящем положении дела неизбежно и оно не должно заставить нас отказаться от данного метода. Мельников обстоятельно проанализировал вопрос об общем фотографическом поглощении по цефеидам вместе с вопросом о нуль-пункте кривой «период-светимость», и объяснил расхождение между величиной поглощения по галактическому вращению и по ζ — координате.

Другие работы, основанные на сравнении геометрических и фотометрических параллаксов и предпринятые с целью определения общего поглощения, принадлежат Ван-Райну [768], Корлину и другим. Последний исследовал поглощение во многих направлениях на больших галактических широтах, но на сравнительно малых глубинах — до нескольких десятков парсеков [412]. При этом даже на таких малых расстояниях было обнаружено поглощение в некоторых областях неба. Эти работы, хотя и представляли собой на том этапе ценные попытки изучения поглощения, но были ограничены в смысле используемого материала и главное — исследуемого пространства. Малые расстояния ограничили применение подобного метода и у П. П. Паренаго, который в одной из своих ранних работ использовал сводный каталог параллаксов большого количества звезд и сравнил, — с целью выявления и оценки поглощения, — спектральные абсолютные величины с абсолютными величинами, основанными на тригонометрических параллаксах и видимых зв. величинах [130].

¹ Этот метод, давший неожиданно высокое численное значение для поглощения, был подвергнут критике, но повторение его применения на большом материале привело к более приемлемому значению поглощения [53]. Впрочем, многие астрономы не склонялись признать его из-за неизбежной селекции материала [502, 482].

Ван-де-Камп и А. Н. Висоцкий, изучая поглощение, исходили из подробного анализа собственных движений 18-ти тысяч звезд, пользуясь при этом известным соотношением между средним параллаксом и средней видимой величиной [587, 588].

Весьма интересно, что еще в 1910 г. Г. А. Тихов ([163], стр. 6, 7), рассматривая способы исследования космического поглощения света и признавая необходимость определения поглощения в зависимости от расстояний звезд, указывал на возможность использования собственных движений звезд для решения данной проблемы. Результат же Комштока [411] (см. ниже в табл. 1) имел в значительной степени случайный характер. Этот метод должен был дать авторам надежные выводы, при условии отсутствия систематических ошибок средних параллаксов, которые могли исказить результаты. Работа привела к довольно высокому значению поглощения, но оно было поддержано Стенкистом [919], который, пользуясь значением поглощения около 2-х величин, сумел успешно исправить скорость солнечного движения, получаемого по собственным движениям 2959 звезд (каталог Смарта [884]). Несколько раньше Бриль остроумно использовал средние параллаксы и средние видимые величины звезд типа В, группируя их по определенным интервалам блеска и вычисляя для них абсолютные величины. При отсутствии поглощения, последние должны были оказаться равными. Приведение же получаемых различных значений абсолютных величин к одному осуществлялось введением некоторого коэффициента поглощения [380]. Уместно отметить здесь же и работу Хиестра [540], метод которого довольно сложен, но учитывает функцию светимости, манипулируя уравнениями звездной статистики.

Метод собственных движений получил должное развитие в работах советского астронома А. Н. Дейча (Пулковская обсерватория [62, 61, 64, 60, 66, 63, 65]). Он оценил межзвездное поглощение в нескольких Площадах Каптейна по тщательно определенным им же собственным движениям звезд. Метод Дейча основан на сравнении параллаксов звезд одних и тех же видимых величин и применении кривой, связывающей вековые параллаксы с видимыми величинами. Важно, что ему удалось исключить ошибку уравнения зв. величины, благодаря сравнению звезд равных звездных величин в темных и светлых областях неба. Тем самым результаты Дейча более убедительны, чем выводы из аналогичных работ зарубежных астрономов.

Исследование Дейча показало, что собственные движения дают весьма ценный независимый метод вычисления межзвездного поглощения. Следует лишь считаться с возможностью влияния на выводы со стороны систематических местных групповых движений. Указание на эту

опасность мы видим в данных самого Дейча, получившего в одном из участков отрицательные значения поглощения.

Мы встречаем пример успешного применения метода собственных движений в работе Лэндби [639]. Хотя последняя весьма отстает по обстоятельности исследования от фундаментальных работ Дейча, тем не менее показывает явный эффект поглощения в собственных движениях слабых звезд.

В ряде работ [838, 585, 866, 560] общее поглощение определялось на основе изучения распределения внегалактических туманностей. Это изучение и привело к новому понятию о «зоне избегания». Подсчеты Хаббла показали, что число внегалактических туманностей меняется в зависимости от галактической широты¹ и это изменение происходит, в среднем, по закону косеканса, что можно признать за указание на наличие приблизительно плоско-параллельного галактического слоя поглощающего вещества. При этом полное фотографическое поглощение от полюса до полюса получилось равным 0.5 — 0.8 зв. величины. Вместе с тем оказалось, что общее поглощение на средних и высоких широтах ($|b| > 10^\circ$) хорошо определяется подсчетами внегалактических туманностей. Данные Хаббла одновременно указывали на распространение поглощающего вещества и на более высокие галактические широты.

М. С. Эйгенсон, проанализировав данные каталога Шэпли и Эймса [872], изучил кривую частоты видимых величин внегалактических туманностей. Оказалось, что частоты не одинаковы на нижних и высоких галактических широтах. Это обстоятельство дало автору возможность получить ряд качественных и численных результатов относительно общего поглощения в Галактике [243]. Эта и другие работы Эйгенсона свидетельствуют о том, что, помимо известного метода Хаббла, возможно применение и других методов исследования галактического поглощения, основанных на использовании тех или иных характеристик внегалактических туманностей (например, функции распределения видимых звездных величин, средние поверхностные яркости, цветовые показатели, peculiarные лучевые скорости и т. д.). Хотя и не в прямой связи со сказанным здесь, заслуживает упоминания работа и другого советского астронома И. М. Гордона [55], применившего способ определения коэффициента поглощения во внегалактических туманностях, исходя из анализа дисперсии видимых величин внегалактических Цефеид, толкуя эту дисперсию как результат поглощения.

¹ Зависимость числа внегалактических туманностей от галактической широты была открыта раньше Хаббла Сирсом, в 1925 году [838]. Но Сирс не интерпретировал тогда ее как эффект поглощения.

Можно было бы назвать целый ряд других оценок величины общего поглощения и в их числе таких, которые основаны на вычислении постоянной галактического вращения (напр., Вильсона [1015], О. А. Мельникова [1141]). Но мы не будем перечислять тут прочих работ, посвященных изучению общего поглощения. Нам придется упоминать о них в других, подходящих для этого местах. Сделаем однако тут же несколько общих замечаний.

Перечисленные выше основные исследования и ряд других работ как ранних, так и более поздних, приводят к различным значениям поглощения — от 0.5 до 1.0 звездной величины и более на один килопарсек. Такая дисперсия получаемых значений коэффициента общего поглощения, должно быть, вызвана не только применением разных объектов и разных методов, допускающих различные точности результатов, но, очевидно и тем, что объекты, исследуемые разными авторами для определения поглощения, расположены в различных направлениях и на разных расстояниях. Пространственное поглощение между тем не всюду одинаково. Эти соображения подтверждаются также и новейшими работами, обнаруживающими различные значения коэффициента поглощения, а среди них — и значительно большие, чем вышеприведенные.

Кстати, в настоящее время есть основания считать, что поглощение вдоль самой галактической плоскости достигает заметно большего значения — около 3 зв. величин на килопарсек. К этому результату пришли московские астрономы Б. В. Кукаркин [85] и П. П. Паренаго [131, 132]. В двух последних работах П. П. Паренаго, развив теорию поглощения света в Галактике, предложил формулу, позволяющую представить поглощение света как функцию галактической широты и расстояния от Солнца. Идя дальше, автор построил карту отдельных областей неба, характеризуемых данным средним значением поглощения и указал на ее прикладной характер, заключающийся в возможности исправлять расстояния в разных направлениях за влияние поглощения света.

Теперь уже не должно вызывать сомнения утверждение, что одно значение коэффициента общего поглощения не может применяться ко всем направлениям галактического пространства. Таким образом, к трудностям, присущим абсолютным методам, неизбежно применяемым при определении общего поглощения, прибавляются трудности, связанные с неоднородностью распределения масс поглощающего вещества, что делает задачу определения общего поглощения принципиально сложной. Естественно, поэтому, большее развитие современных работ в сторону исследования дифференциального поглощения (методом показателей цвета и избытков цвета).

Что касается задачи об определении общего поглощения, то нельзя не признать, что до сего времени она не решена в полной мере; в большинстве случаев оценены лишь нижние пределы значения поглощения в отдельных направлениях; не решен еще вопрос о том, в какой мере поглощение присуще всей Галактике в целом.

Современные исследования общего характера, а также в частности и темных туманностей, покрывающих собой около 40% всей поверхности Млечного Пути, склоняют нас к признанию такой концепции, при которой масса поглощающего вещества распространена вообще довольно обширно, но она характеризуется отдельными «сгустками» сильного поглощения, преимущественно концентрирующимися около галактической плоскости.

Именно эти «сгустки» сильного поглощения и являются так называемыми «темными облаками» или темными туманностями. Нельзя делать резкого различия между отдельными темными облаками, с одной стороны, и распространённой в обширном пространстве средой поглощения. Последняя, по сути, представляет собой совокупность многих облаков, располагающихся в то же время одно за другим по лучу зрения. Лишь наиболее близкие темные облака наблюдаются в виде дискретных, как бы самостоятельных образований. Существенно, что для них самих характерна неоднородность в строении и поглощательной способности.

Так или иначе, многие из первых же работ указывали, в первую очередь, на концентрацию масс поглощающего вещества около экватора Галактики. Это привело к формированию понятия о галактическом поглощающем слое. Эти работы, касались ли они числа внегалактических туманностей, или разностей между фотометрическими и геометрическими расстояниями, обнаруживали прежде всего их зависимость от галактической широты¹. Становилось ясным, что поглощающее вещество тяготеет к плоскости Млечного Пути, концентрируясь тут в виде «галактического плоско-параллельного слоя» [732]. Обнаружение на фотографиях темных экваториальных полос во внешних звездных системах и открытие «зоны избегания» в нашей звездной системе решительно утвердили представление о галактическом поглощающем слое. Наряду с этим, было введено и понятие оптической толщины поглощающего галактического слоя (в направлении, перпендикулярном галактической плоскости и, притом, в окрестностях Солнца). В работе [560], основанной на обширном и наиболее однородном материале, Хаббл получил значение оптической толщины, равное 0.5 зв. величины, исходя из выраже-

¹ Любопытно, что зависимость ряда величин от галактической широты, связанная с поглощением, была подмечена уже давно, но вплоть до тридцатых годов ее просто упоминали как «эффект низких широт», не решаясь назвать ее эффектом поглощения.

ния зависимости числа внегалактических туманностей от галактической широты, выведенной им в виде

$$\log N(m) = c - 0.15 \cos \epsilon \sec b.$$

Это соотношение и представляет собой основу так называемого косеканс-закона, кстати, не по праву широко используемого в различных вычислениях поглощения. Значения оптической толщины даны и другими авторами, при этом эти значения вычислялись разное: в фотографических лучах [585], по внегалактическим туманностям [697, 397, 425, 426, 861], по шаровым скоплениям [586, 977, 1002, 370]. Известны и такие определения, которые основаны на цветовых показателях, т. е. дают оптическую толщину и абсорбирующей поглощающей среды [901, 909, 907, 977, 482]. Результаты всех этих определений, хотя и указывают примерно на один и тот же порядок величины оптической толщины, тем не менее, колеблются в значительных пределах, очевидно, по тем же причинам, которые были названы нами относительно общего поглощения.

В Советском Союзе определения оптической толщины поглощающего вещества перпендикулярно галактической плоскости, в окрестностях Солнца, принадлежат М. С. Эйгенсону [249], П. П. Паренаго [132], Б. Е. Маркаряну [99], М. А. Вашакидзе [38] и др. Эти авторы критически рассматривали имеющийся литературный материал, снова оценив величину оптической толщины, и вместе с тем использовали и новые наблюдательные данные. Вашакидзе, например, исходил из анализа составленного им каталога показателей цвета пятисот внегалактических туманностей. После согласных выводов советских астрономов — Паренаго в Москве, Маркаряна в Бюраканской обсерватории и Вашакидзе в Абастуманской обсерватории — следует признать, что величина Хаббла, столь часто используемая при разных расчетах и до последнего времени, на самом деле занижена.

Попутно заметим, что Маркарян, в своем исследовании галактического поглощения, применил видоизмененную и развитую им же формулу метода Вашакидзе [31, 32]. Последний, в основном, служит для вычисления пространственных плотностей звезд, но находит успешное применение и для вычисления поглощения.

В связи с оптической толщиной, вычислялась, обычно, и геометрическая толщина галактического слоя.

Еще в 1930 — 1931 гг. Ван-де-Камп нашел для нее величину около 200 пс [583, 584]. Анализ звезд типа В [1010], цефеид и некоторых динамических постоянных Галактики [578] и другие данные [268, 885] служили ряду зарубежных астрономов основанием для оценок геометрической толщины поглощающего слоя. Однако, их результаты противоречивы и отдельные значения колеблются от 200 до 500 пс и более.

В. А. Амбарцумян, применив по существу совершенно новый метод — анализ суммарных яркостей звезд, — пришел к выводу, что коэффициент излучения, обусловленный звездами, убывает с расстоянием от галактического экватора быстрее, чем коэффициент поглощения [10, 11]. Отсюда же получается значительная толщина однородно поглощающего слоя, что находится и в согласии с более ранним выводом В. Г. Фесенкова [191]. Исходя из своей теории поглощения П. П. Паренного [131] вывел для толщины однородного поглощающего вещества значение, равное 200 пс. Это значение широко используется в настоящее время. Следует отметить, что новые наблюдательные данные находятся в хорошем согласии с ним (см. ниже).

К настоящему времени, когда неоднородность космической поглощающей среды стала почти бесспорной, понятие оптической или геометрической толщины также, как и само понятие поглощающего «слоя», утратило первоначальное значение. Понятием «слоя» можно пользоваться как статистической рабочей моделью. Косеканс-закон является лишь грубым приближением, основанным на допущении равномерного распределения поглощающего вещества внутри плоско-параллельного объема. Им можно пользоваться для галактических широт, превышающих $5-10^\circ$, а также и в местах Млечного Пути, не очень пораженных поглощением и то — лишь условно. Понятно, что можно было бы внести в него поправки, зависящие от галактической долготы, или выводить его (вычислять его коэффициент) отдельно для отдельных интервалов галактических долгот, — от этого его применение несколько улучшилось бы.

Имея в виду непостоянство и неопределенность коэффициента поглощения в различных направлениях, нельзя не признать, что вычисления геометрической толщины, на основе оптической, дают иллюзорные результаты. Вместе с тем, метод вычисления оптической толщины основан на использовании коэффициента поглощения, полученного по наблюдению объектов, близких к плоскости Млечного Пути. Но нельзя не поставить под сомнение возможность использования такого коэффициента для направлений, составляющих большие углы с плоскостью Млечного Пути. Кратко говоря, порочным в большинстве определений оптической толщины является то, что они исходят из допущения однородности галактического поглощающего слоя. Так допустил, например, Хаббл, получивший значение 0.5 зв. величины. Стоило Ван-де-Кампу учесть влияние дискретных темных облаков Барнарда, как значение оптической толщины возросло более, чем в полтора раза. С другой стороны, — вычислив оптическую толщину по данным, связанным с объектами, находящимися в направлении на *MWF 223* (в прозрачном «окне» зоны избегания), Шэпли [869] получил значение, вдвое меньшее величины Хаббла. Таковы могут быть неожиданности в отдельных на-

правлениях. Однородное распределение поглощающего вещества в слое допустимо лишь для оценки среднего эффекта на звездные расстояния. Но, концепция галактического слоя сыграла известную роль в толковании первых наблюдений, связанных с изучением поглощения. Более того, даже в настоящее время все же приходится прибегать к ней для удобства представления и интерпретации тех или иных явлений и закономерностей, несмотря на то, что в общем, за понятиями «плоско-параллельного слоя» и «оптической толщины» сохранился лишь только формальный смысл. Во всяком случае мы должны считать, по крайней мере, что относительно равномерный слой, толщиной в несколько сот парсеков, содержит в себе, как сказано выше, отдельные «сгустки» более плотных поглощающих масс, производящих местные поглощения повышенной величины. При этом, поглощающее вещество сосредоточено не исключительно в этом слое; отдельные его массы находятся и за пределами полосы, лежащей около галактического экватора (см. ниже).

Важным шагом вперед в деле учета галактического поглощения явилась разработанная П. П. Паренаго теория поглощения [131, 132, 134]. Исходя из известного экспоненциального закона распределения звездной плотности по z -координате:

$$D(z) = D(0) e^{-\frac{z}{\beta}}$$

П. П. Паренаго вывел формулу, выражающую полное поглощение света в зависимости от галактической широты и расстояния от Солнца:

$$A(r, b) = \frac{a_0 \beta}{\sin b} \left(1 - e^{-\frac{r \sin b}{\beta}} \right)$$

При этом были определены значения параметров, входящих в формулу: a_0 — поглощения на килопарсек строго в галактической плоскости (среднее значение $a_0 = 3.5$) и β — полутолщины однородного слоя с плотностью, равной плотности в галактическом экваторе ($\beta = 100$ пс).

Величина a_0 оказалась изменяющейся для различных направлений в пределах 0.7 — 9.0 зв. величины. Величина же β оказалась постоянной. Наконец, была объяснена и количественно оценена ширина «зоны избежания» на основе той же формулы поглощения. Эта оценка оказалась совпадающей с фактически наблюдаемой Хабблом.

Далее Паренаго дал картину распределения величины a_0 на небесной сфере и разработал быстрый и удобный метод учета влияния поглощения света на фотометрические расстояния.

Поскольку была показана несостоятельность допущения роста поглощения пропорционально расстоянию и неприемлемость пользования средним значением коэффициента поглощения, теория П. П. Паренаго, основанная на приведенной формуле и предоставившая средство более на-

дежно учитывать влияние ослабления света при определении звездных расстояний, явилась значительным вкладом в звездную астрономию¹.

Ею широко пользуются с 1945 года в Советском Союзе в звездно-астрономических исследованиях; за рубежом теория Паренаго мало известна, повидимому вследствие того, что она была опубликована в военное время. Можно привести немало примеров, когда применение теории Паренаго резко улучшает решение той или иной задачи.

В качестве одного из таких примеров мы могли бы указать на цитированные уже исследования, проведенные в Энгельгардтовской астрономической обсерватории. Ш. Т. Хабибуллин [199] исследовал распределение звездных плотностей в высоких галактических широтах на основе анализа звездных подсчетов по работе [767]. По направлениям исследованных сечений, а также и по общей методике, результаты исследования сравнимы с результатами Оорта [732]. Можно констатировать совпадение результатов в общих чертах. Но этого нельзя сказать про направление на антицентр. Здесь ход изоплотностей по Хабибуллину резко отличается от кривой Оорта. Предпочтение необходимо отдать результату Хабибуллина, т. к. Оорт, не считаясь с изменением поглощения с расстоянием, брал, собственно говоря, заведомо преувеличенные, максимальные их значения. Хабибуллин же исходил из формулы П. П. Паренаго и учитывал, следовательно, изменение поглощения с расстоянием. В результате получилась новая, но более надежная картина изолиний. Последние показали на некотором расстоянии от Солнца остановку падения плотности, вопреки результату Оорта о повышении звездной плотности в антицентральной направленности.

Весьма интересен и другой пример: благодаря учету межзвездного поглощения по методу Паренаго, К. А. Бархатовой [22] удалось надежно установить характеристики движения рассеянных скоплений и дать существенную критику данных Хэйфорда, Минера и Трэмплера.

Если в будущем представится возможность установления зависимо-

¹ Необходимость учитывать непропорциональное γ -координате падение плотности в галактическом поглощающем слое, была осознана рядом зарубежных астрономов. Это приводило к попыткам вводить в рассмотрение некоторые соотношения, дающие возможность вычислять эффективные длины пути луча в поглощающем слое (Вильямс [1011], Берман [357], Хантер и Мартин [571], Вилькенс [1006]. См. также [273]). Однако все эти попытки были мало успешны и никто из них не смог построить теорию, даже отдаленно сходную со столь последовательной и разработанной до весьма удобных форм применения для практических вычислений теорией, как это сделал П. П. Паренаго. Недавняя же работа Ван-Райна [770] представляет собою запоздалый вывод формулы Паренаго. Значения же параметров формулы Ван-Райн вычисляет на основе материала, уступающего по полноте материалу Паренаго (см. критическое замечание Паренаго [139]).

сти, в которой, наряду с расстоянием от Солнца и галактической широтой, аргументом явится и галактическая долгота, то учет поглощения при определении фотометрических расстояний значительно улучшится, ибо формула, положенная в основу теории в данном виде не обеспечивает вполне удовлетворительного учета индивидуальности каждого галактического направления (Паренаго, [135]).

Пока нет возможности пользоваться единой формулой, где аргументами являются все три величины — g , b , l , необходимо по крайней мере уточнить по наблюдениям величины a_0 и β для данного направления и выяснять их изменение с расстоянием.

Параметр a_0 (a , частично, и β) определен в Абастуманской обсерватории на основе избытков цвета большого количества звезд в 50-ти направлениях, совпадающих с Площадями Каптейна (1 — 45, 49, 64) и избранными участками Млечного Пути (М 34, М 35, Туманность Циркус). Вместе с тем, для тех же направлений проделано сравнение хода поглощения с расстоянием, получающегося по теории Паренаго, с ходом, представляющим наблюдения (подробнее см. в IV главе). Несколько раньше это проделал на другом материале Н. Ф. Флоря [196], изучивший избытки цвета общего поглощения с расстоянием для 140 направлений в Млечном Пути на основе литературных данных.

В качестве общего вывода можно признать хорошее согласие наблюдений с теорией в большинстве направлений, т. е. хорошее согласие характера изменения $A(r)$ с приведенной формулой Паренаго. Это говорит между прочим и за то, что закон распределения звездной плотности по \tilde{r} — координате справедливо положен в основу теории. Действительно, этот закон, открытый еще около 20 лет тому назад, находит подтверждение для весьма различных объектов. Естественно допустить его практическую применимость и к межзвездному веществу.

Впрочем, дальнейшее уточнение формулы учета поглощения, как на это указывает П. П. Паренаго, должно идти не только по пути введения аргумента долготы и улучшения по наблюдениям карты параметров a_0 и β , но и по пути уточнения закона изменения плотности с — координатой.

Отчасти и в этой связи следует определить плоскость галактической симметрии межзвездного вещества. Анализ нашего материала дал указание на асимметрию в распределении величин покраснения по отношению к галактическому экватору. В Абастуманской обсерватории это привело к попытке определить плоскость Галактики впервые по невидимой межзвездной материи, в отличие от светящихся объектов, которые до сих пор использовались для этой цели.

В заключение упомянем о полезной работе, проведенной В. С. Сафроновым [149] в Гос. астр. Институте им. Штернберга по вычислению поперечных множителей к величинам a_0 , зависящих от температур или спектральных классов звезд. Правда, множители оказались весьма близкими к единице (0,95 и 0,90 для визуальных и фотографических лучей, соответственно, для спектрального типа М), тем не менее данные Сафронова интересны принципиально и полезны при рафинированных исследованиях, где может потребоваться весьма точный учет поглощения.

§ 5. Темные облака. Поглощение на близких расстояниях от Солнца

Та среда, которая вызывает, главным образом, общее поглощение, в основном состоит, как сказано выше, из темных облаков (туманностей), представляющих собой дискретные скопления масс твердых частиц (космической пыли) и газа. Ввиду того, что темные облака (туманности) резко выделяются на общем звездном фоне Млечного Пути, они издавна привлекали к себе внимание астрономов. Они и поныне представляют собой предмет оживленного изучения. Еще со времени первых фотографий Барнарда участков Млечного Пути, обнаруживших сходство между очертаниями темных и светлых туманностей, становилось ясным, что темные области или, как их называли прежде, «угольные мешки» не являются действительными разрежениями звездной плотности, как это может представиться на первый взгляд, а — сгущениями несветящегося (темного) вещества, поглощающего свет находящихся за ним звезд и создающего тем самым видимый дефицит звезд.

Исследование отдельных темных туманностей началось на основании звездных подсчетов в них, и этот способ служил одним из основных средств изучения и до самого последнего времени. Так, например, известны обширные исследования темных туманностей, выполнявшиеся в тридцатых годах этого столетия астрономами Пулковской обсерватории. Мы имеем в виду работу В. В. Лавдовского [91], П. Ф. Шайн [231, 232], И. А. Балановского и В. Ф. Газе [18], М. Д. Берг [25], И. Н. Леман-Балановской [95], К. Т. Стояновой [152], В. И. Туранского [172] и др.

Первые, заслуживающие внимания работы, основанные на звездных подсчетах, констатировали наличие трех центров поглощения в области Тельца [442], а также и обширного потемнения в области Возничего-Тельца-Персея¹. При этом, в первых же работах не только представля-

¹ Широко распространенная область Возничего-Тельца-Персея подробно исследована многими авторами за рубежом ([799, 800, 807, 611, 612]) и в Пулкове ([95] и др.). Некоторыми авторами обнаружены здесь направления, где поглощение достигает 4-х зв. величин. Если облако имеет столь большое распространение в направлении, перпендикулярном к лучу зрения, как мы его

лись общие решения для расстояний и полного поглощения в темных туманностях, но и делались попытки определить массу поглощающего облака, исходя из рэлеевского рассеяния водородными газами [739, 740]. Правда, при этом получалось такое высокое значение массы (более 10 солнечных масс), которое не могло не оказать влияния на движения звезд внутри облака. Между тем, следы такого влияния наблюдениями не обнаруживались. Хотя эти первые результаты, вытекающие из несправедливо взятого за исходное рэлеевского рассеяния, были ошибочны, тем не менее попытки эти сыграли известную положительную роль. Они послужили указанием на то, что темные облака в значительной степени состоят из масс твердых пылевых частиц и — толчком к работам, посвященным вычислениям плотностей и масс пылевых облаков. Эти вычисления впоследствии достигли заметного развития (1798, 802 и др.).

На звездных подсчетах основан графический метод Вольфа, впервые продемонстрированный на конкретных примерах самим автором метода в 1923, 1924 и 1926 гг. [1019, 1020, 1021, 1022]. Этот простой метод надолго оставался наиболее распространенным средством для определения расстояний и поглощений в темных туманностях. Метод Вольфа, быстро обретший популярность благодаря своей простоте, впоследствии был подвергнут серьезной критике. Те модификации, которые он испытал в руках Паннекука [739, 740], Палена [738] и других (см. напр. [689]), также не избавили его от критики, развитой советскими астрономами Р. В. Куницким [89, 90] и К. Ф. Огородниковым [122, 123]. Сомнения в применении метода вызывают, во-первых, неуверенность в выборе «нормальных» областей, не говоря о том, что и в правильно выбранных светлых областях остается не учтенным некоторое поглощение света, или даже в использовании «средних» кривых¹, построен-

непосредственно наблюдаем, то вполне естественно, что оно может далеко простирается и по лучу зрения, и такие большие значения поглощения вполне возможны. Кстати, в качестве работ, показывающих весьма большое поглощение (до 5 и 6 зв. величины), назовем работы [800], и [538] для южной части Млечного Пути. Приблизительно ко времени первых подобных работ относятся описания Хагеном облаков туманностей, находящихся за пределами Млечного Пути и наблюдаемых визуально ([507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514]). Они не представляют особой ценности, и больше того, там, где автор пытается делать выводы, излагаются ошибочные взгляды. Кроме того, большинство из этих образований не обнаружено на современных фотографиях и, стало быть, они оказались иллюзорными. Можно только считать, что описание, в качестве опыта классификации и систематизации туманностей, обострили внимание к видимым структурным характеристикам звездной вселенной.

¹ Для иллюстрации того, насколько зависят результаты подсчетов по методу Вольфа от выбора «нормальной» области, т. е. от области сравнения, напомним, что Мюллер [713] получил для Угольного Мешка два весьма различных значения поглощения: 1 зв. величины и — около нуля, при использовании в качестве области сравнения в одном случае «средней» для данной галактической зоны кривой и в другом — соседнего участка.

ных на основе гронингенских таблиц распределения звезд по видимым величинам, галактическим долготам и широтам [767], во-вторых — недостаточное количество звезд, особенно — ярких, в весьма темных областях; в-третьих — неточности, неизбежно влекомые осреднением чисел звезд для областей, имеющих сложную видимую структуру; далее, — ошибка шкалы величин и, наконец, — большая дисперсия абсолютных величин, влиянием которой в методе Вольфа вовсе пренебрегается. Нетрудно подсчитать, что если дисперсия функции светимостей равна приблизительно 0.5 зв. величины, то ошибки результатов по кривым Вольфа могут достигать 2-х зв. величин¹. Таким образом, приходится констатировать, что дисперсия функции светимости звезд делает определения протяженности и расстояния туманностей совершенно неуверенными.

Попытки строить кривые Вольфа для звезд данного спектрального класса, хоть и улучшают вычисления, но все же оставляют метод далеким от совершенства, ибо в таком случае, количество звезд становится меньше и осреднения приходится делать для больших площадок, что скрадывает различия в структурных деталях. Дисперсия же внутри данного спектрального класса остается заметной и для ранних звезд, которые не делятся на гиганты и карлики.

В цитированных работах Р. В. Кунцицкий показал полную ложность «вторых» туманностей, получаемых обычным анализом по методу Вольфа. К. Ф. Огородников показал, на основе исследования основного интегрального уравнения звездной статистики и математического анализа всего метода, ограниченную применимость метода Вольфа вообще, а в некоторых случаях и полную иллюзорность его результатов. Анализ уравнения Шварцшильда обнаружил, что в случае большой дисперсии абсолютных величин, что имеет место особенно при подсчетах звезд всех спектральных типов, вместе взятых, расхождение кривых Вольфа обусловлено характером функции распределения абсолютных величин, каковая для нас, собственно, остается неизвестной. Он разработал вместе с тем более совершенный способ определения расстояния и поглощения в темных туманностях. Один из практических выводов его работ заключается в том, что толщины темных туманностей получаются применением метода Вольфа преувеличенными, расстояния же — преуменьшенными. Это надо иметь в виду при пользовании соответствующими данными о туманностях, полученными применением способа Вольфа (см. также К. Ф. Огородников и О. В. Добровольский [126] и Добровольский [67]). Огородников не ограничился критикой метода Вольфа, а разработал вместе с тем по существу новый способ, учитывающий дисперсию абсолютных величин.

¹ Подобные расчеты делались Мальмквистом [652].

звезд. Применение этого способа дало возможность Огородникову и Добровольскому внести существенные исправления в расчеты расстояний и поглощения в ряде туманностей, принадлежащие Вольфу [1021], Мюллеру [710, 712], Унсольту [972] и другим авторам ([135], стр. 95). В качестве одного из примеров отметим, что значения расстояния и поглощения, равные 150 пс и 1.0 зв. величине для туманности «Угольный мешок» в Южном Кресте, по Унсольту, были заменены в результате пересчета по способу Огородникова значениями 230 пс и 0.4 зв. величины.

Модификация Паннекука основана на применении аналитических выражений функции светимости и функции плотности. Но эти выражения мало отвечают действительности. Впрочем, Паннекук сам иллюстрировал примерами как трудно, а подчас и невозможно, вывести надежные данные особенно там, где поглощение меняется в интенсивности на небольшой поверхности неба [742]¹.

Но метод Паннекука дал основу для численных способов Бока [362, 364] и Мальмквиста [652, 653, 654], аналитического способа Шалена и др. Исследования Мальмквиста дали хорошее подтверждение справедливости критики и способа Огородникова, хотя анализ, приведенный самим Мальмквистом, несколько формален и далек от той общности, какова в способе Огородникова. Развитые Боком численные вычисления нашли плодотворное применение к индивидуальным туманностям.

Метод Вольфа и все его модификации², широко применявшиеся в тридцатых годах³, в последнее время, особенно после критики, разви-

¹ Одним из ограничений в методе Паннекука является рассмотрение поглощающего облака как поглощающей ширмы («Absorbing Screen»). Шален модифицировал это допущение для случая, когда облако имеет значительное протяжение по лучу зрения, рассматривая его как ряд последовательных ширм, расположенных одна за другой ([804] и др.). Дальнейшее развитие эта модификация получила у Вернберга, давшего формулы для случая протяженного облака с непрерывным поглощением [990]. (См. также [982].)

² Результаты вычисления поглощения сильно зависят от применяемого способа. Хорошей иллюстрацией к сказанному может послужить пример Клюбера, который получил для поглощения в одном и том же облаке два значения: 1 и $2\frac{1}{2}$ зв. величины на килопарсек, применив два способа: Вольфа и Шалена [611, 612]. Другой пример: Шален, исследуя темную область в Возничем, констатировал наличие одного облака, расположенного по лучу зрения в интервале от 100 парсеков до 400 и поглощающего 1.9 зв. величины [807]. Мальмквист в том же направлении обнаружил два отдельных облака с различными поглощающими способностями [652]. Наконец, в области около Лебеда применение способа Вольфа указывает на два облака на расстояниях, соответствующих звездам 9 и 12-ой зв. величины. Пользуясь же способом Паннекука там же получено поглощение от одного облака, расположенного на расстоянии, соответствующем звездам 13.8 зв. величины [356].

³ Кроме цитированных уже работ, в этой области имеется большой ряд других исследований, которые базируются на звездных подсчетах. Сводка основ-

той советскими астрономами, уже почти не применяются. Но многочисленные работы и исследования, основанные на методе Вольфа и на аналитических и численных методах, разработанных благодаря осуществлению больших работ по звездным подсчетам [364], привели к накоплению многих, хотя и приближенных, данных относительно расстояний, размеров и поглощающей способности темных облаков. Плодотворной оказалась согласованная работа ряда обсерваторий: Пулковской, Гарвардской, Упсальской и других, предпринятая с целью систематического исследования темных туманностей по единому плану. Можно признать, что — если не брать в расчет ту часть Млечного Пути, которая требует для наблюдений обсерваторий, расположенных на крайнем Юге (т. е. часть галактического круга, имеющая около $240 - 320^\circ$ галактических долгот), — почти все видимые темные облака Млечного Пути исследованы и описаны. То-есть, мы имеем в виду, что для них приближенно определены расстояния, пространственные протяжения, массы и плотности.

На этой основе уже имеется возможность осуществить классификацию туманностей и сделать некоторые обобщающие выводы, что уже принимается в Абастумани. Но, конечно, мы пока еще далеки от решения задачи пространственного строения всей системы темных туманностей в целом.

В последнее время стали привлекать к себе внимание весьма малые, но плотные туманности, — так называемые глобулы [373, 368, 699 и др.]. Они ставятся в связь с проблемой происхождения звезд, т. е. рассматривается вопрос о возможном образовании звезд в отдельных сгущениях в межзвездной среде [888, 996 и др.]. Небольшие размеры, симметричная форма и весьма большая плотность глобул допускают рассмотрение глобул как некоторой эволюционной стадии, предшествующей образованию звезды. Надо, однако, заметить, что оценки поглощения в малых глобулах, осуществляемые путем сравнения поверхностных яркостей в них и в диффузных туманностях, весьма приближены. С другой стороны уверенность в больших плотностях глобул и может, главным образом, служить основой для указанной гипотезы. Так или иначе, глобулы и, особенно, те из них, которые имеют круглую форму, заслуживают внимательного изучения.

Статистические способы, развитые на основе метода Вольфа не удалось улучшить должным образом. Использование при анализах звездных подсчетов постоянной функции светимости способно дать лишь весьма грубое приближение к действительности.

Считали, кроме того, что если вести подсчеты одновременно в двух. ных данных, вытекающих из них, помещена в монографии Бекера [336]. Эти работы, опубликованные до 1937 года, помещены в нашем списке цитируемой литературы под №№ [613, 638, 972, 286, 711, 363, 281, 469, 18, 709, 25, 688, 921]. О более новых работах мы упоминаем в соответствующих местах.

лучах — фотографических и фотовизуальных — поглощение света звезд и пространственная звездная плотность могут надежно определяться. Такова была точка зрения, например, Сирса [839]. Однако, советский астроном Ш. Т. Хабибуллин [198] (Астрономическая обсерватория имени В. П. Энгельгардта) вскрыл ошибочность этого утверждения, показав, что известная теорема Зеелигера справедлива для подсчетов и в двух лучах. Это значит, что без знания поглощения и его изменения с расстоянием, только по подсчетам звезд хотя бы даже в двух лучах, невозможно вывести истинную плотность пространственного распределения звезд. Хабибуллин справедливо указывает на малый успех Мюллера и Хуфнагеля [708, 709], Вилькенса [1005] и Стоддарда [923], посвятивших работы анализу звездных подсчетов в двух лучах.

Можно пойти дальше и убедиться, что подсчеты и в трех лучах не дадут возможности обойти теорему Зеелигера, поскольку остается неизвестным аналитическое или численное выражение поглощения как функции от расстояния. Но тем не менее, Д. Я. Мартынов [107] указал на возможность учитывать поглощение света при определении звездных плотностей с помощью снимков в двух лучах.

Для этого нужно принять за исходное некоторую форму функциональной зависимости поглощения от расстояния. Основная формула известной теории П. П. Паренаго может служить удовлетворительным приближением к решению задачи. Вообще же необходимы индивидуальные определения целого ряда величин: видимых и абсолютных зв. величин, цветов, спектров и др. Понятно, что лишь после того, как в областях, изученных методом подсчетов, будут осуществлены также спектроскопические (классификация) и колориметрические определения, изучение темных туманностей может стать на более прочную основу и успешно развиваться.

Однако, здесь интересно упомянуть об одной работе Т. А. Агекяна (Ленинградский гос. университет), в которой показана и использована возможность получить коэффициент межзвездного поглощения из тех же звездных подсчетов, которые определяют функцию видимой плотности [1]. Это исследование без сомнения означает шаг вперед в области звездных подсчетов, служащих выяснению задач строения Галактики.

Имеются примеры, когда изучение распределения темных облаков основывалось на прямой фотометрии больших поверхностей вдоль Млечного Пути. Из них укажем на работу В. Г. Фесенкова [191], предпринятую с помощью светосильной и широкоугольной камеры. Работа подтвердила, что пояс темных туманностей очень сложного строения; он распадается на отдельные облака, часто накладывающиеся одно на другое, так что на один луч зрения приходится несколько темных облаков.

Большая работа Фесенкова [186] по определению звездных величин огромного количества звезд, содержащихся в северной части Млечного Пути, также представляет большой интерес. Она закончена графиками, которые легко выявляют темные туманности по падению числа звезд, и может служить основой будущим исследованиям. Фесенков дал, наконец, основы метода определения поглощения света звезд в темных облаках, заключающегося в разделении светимости ночного неба на его составляющие и в выделении яркости, которая образована только звездами и поглощающим веществом и независима от зодиакального света и других причин [184, 193].

Представляет большой интерес идея, предложенная недавно В. А. Амбарцумяном. По этой идее изучение поверхностных яркостей неба, обусловленных только яркостью звезд нашей Галактики (без участия яркостей ночного неба, зодиакального света, рассеянного света космической пыли и диффузных туманностей) может привести к ряду важных выводов о строении Галактики. Собственно говоря, это есть совершенно новый метод исследования, во всяком случае не менее целесообразный, чем звездные подсчеты. Он основан на том простом положении, что слой поглощающего вещества, имеющий клочковатое строение, не только ослабляет блеск звезд Млечного Пути, но и вызывает флуктуации в яркости Млечного Пути.

Амбарцумян [6, 7, 8, 10, 11] математически разработал теорию флуктуаций яркости Млечного Пути. Эта теория оказалась весьма плодотворной; на ее основе развиваются работы, в которых теория находит применение в расчетах, приводящих к количественным выводам о природе диффузных туманностей. Можно сказать, что это открыло еще одну новую возможность исследования характеристик диффузных туманностей. При этом наблюдательной основой служат оценки поверхностной яркости неба — материал, добываемый без особых трудностей¹.

Г. И. Русаков [147] (Ленинград), исходя из уравнений флуктуаций яркости Амбарцумяна, получил для поглощения одной туманностью величину 0.25; для среднего радиуса туманности — 5 пс и др. При этом, он показал хорошее согласие данных расчетов, основанных на решении уравнения флуктуаций, с данными наблюдений.

Исследование Русаковым проведено на данных Паннекука. Но в самое последнее время Д. А. Рожковский [146] (Алма-Ата) выполнил фотографическую фотометрию избранных участков Млечного Пути (антицентр, Лебедь, Кассиопея), составил фотометрические карты,

¹ Чандрасекар и Мюпх [402, 403], исходя из идеи Амбарцумяна, развили математическую теорию и вывели интересное уравнение, выражающее флуктуации яркости Млечного Пути, обусловленные вариациями чисел тонких облаков на пути луча зрения.

на которых даются средние яркости, выраженные в числе звезд 10-ой величины на кв. градус. Тщательности выполнения работы способствовало применение теории Фесенкова [191, 193], дающей количественную оценку трех составляющих общего свечения неба: ионосферной, галактической и зодиакальной, и возможность разделения наблюдаемого свечения неба на отдельные компоненты. Это — новый фотометрический метод изучения галактического поглощения. Фотографический материал накоплен в Алма-Ате в значительно большем объеме (весь, доступный наблюдениям Млечный Путь в зоне в $b = \pm 20^\circ$) и он может дать хорошую основу для применения теории флуктуаций с целью вывода независимых оценок параметров темных туманностей.

Хабибуллин [200] также применил метод Амбарцумяна и выполнил анализ флуктуаций чисел звезд до данной звездной величины в направлении галактического полюса. При этом числа звезд он представил формулой Вашакидзе-Оорта. В результате нашел среднюю оптическую толщину темных туманностей, равной 0.27 зв. величины¹.

Теория флуктуаций в видимом распределении звезд, в связи с космическим поглощением света звезд, развита самим В. А. Амбарцумяном до такой степени, что позволила ему вывести заключения о случайном распределении звезд типов О и В в пространстве, т. е. об их объединении в ассоциации. Этот вывод основан на том, что наблюдающиеся флуктуации превосходят теоретические значения, соответствующие случайному пространственному распределению звезд и пылевых облаков и средним размерам последних².

Но, первое уверенное количественное определение средней величины поглощения света в одной средней темной туманности принадлежит самому В. А. Амбарцумяну [5], еще в 1940 году опубликовавшему в изданиях Абастуманской обсерватории его значение. Оно было найдено по флуктуациям чисел внегалактических туманностей на один квадратный градус, исходя из распределения Пуассона, и оказалось равным 0.27. Повторение в 1947 г. оценки этой величины на материале подсчетов Шэпли внегалактических туманностей в южной части Млечного Пути привело Амбарцумяна [13] к несколько более низкому значению: 0.23.

В 1943 г. Б. В. Кукаркин [87] оценил его на основе анализа флуктуаций цветов внегалактических туманностей, шаровых скоплений и звезд типа В, находящихся на высоких галактических широтах и полу-

¹ По Шацману [817] покраснение в одном облаке равно 0.04 зв. вел. (по флуктуациям покраснения, показываемого материалом Стеббинса и Уйт-форда).

² Об изложенном исследовании автору известно из содержания доклада В. А. Амбарцумяна на научной сессии в Риге в июле 1950 г. (Астр. Журн. 27, № 5, 1950).

чил значение 0.34. П. П. Паренаго [132] подверг анализу дисперсию отдельных определений $A(r)$ и пришел к третьему значению: 0.27.

Данную величину определил и Б. Е. Маркарян [101, 99, 100]. При этом он дал подробный анализ подсчетов звезд и их суммарных яркостей (на основе наблюдений) и, установив возрастание флуктуаций чисел звезд и суммарных яркостей с убыванием галактической широты, объяснил это последнее явление клочковатостью распределения поглощающей материи. Маркарян обстоятельно разработал теорию флуктуаций чисел звезд, обусловленных клочковатостью строения поглощающей среды.

Надо признать, что усилиями советских астрономов, применивших надежные методы и материал исследования, уверенно установлено значение этой важной характеристики темных туманностей (в среднем 0.25). Определение Ван-Райна [770] означает, по существу, позднее и повторное вычисление данной величины (см. критическое замечание П. П. Паренаго [139]).

Как же объяснить то обстоятельство, что поглощение света в целом ряде темных туманностей достигает 2—3 зв. величины, а в отдельных случаях и превосходит это значение? Такие туманности являются, во-первых, наибольшими по размерам и обладающими наибольшей поглощательной способностью. Во-вторых, они являются как-бы составными из отдельных элементарных туманностей и их разделение на последние не легко может удасться, особенно при пользовании грубыми методами звездных подсчетов.

То же самое можно заметить и относительно линейных размеров туманностей. Те размеры больших туманностей, которые считаются установленными, в большинстве случаев выводились по способу звездных подсчетов, в частности — методом Вольфа, который, — как теперь, после критики советскими астрономами, известно, — приводит к ложно большим значениям толщин темных облаков. Но, наряду с этим, следует считаться с такой вероятной картиной, по которой более мелкие облака некоторым образом объединяются в большие облака, которые, при применении известных методов или при использовании известного материала, выявляются легче. Отдельные же мелкие облака «сглаживаются». Такое «посистемное» строение межзвездных облаков не противоречит нашим взглядам на характер строения всей материальной Вселенной, которая, как показывают опыт и наблюдения, представляет некоторое множество систем последовательно возрастающего порядка структурного состава или сложности (см. главу IV).

Но, что касается размеров элементарных темных туманностей, П. П. Паренаго [132, 135] определил их средний радиус в 2.3 парсека. Позже Цедерblad [399] получил для среднего радиуса светлых ту-

манностей значение 18 пс^1 . Как справедливо отмечает П. П. Паренa-го [139], сопоставление этих двух оценок дает подтверждение выводу, полученному еще в 1938 году в Абастуманской обсерватории, о некотором единстве светлых и темных туманностей [15].

В основу своих оценок Паренaго положил свою же теорию поглощения. При этом он оценил общее количество темных туманностей во всей Галактике (около 4.5×10^6) и массу одной средней темной туманности ($3.4 \times M_{\odot}$), чему соответствует средняя плотность средней темной туманности равная $3 \times 10^{-14} \text{ г/см}^3$. Далее, была вычислена полная масса темной материи в Галактике, оказавшаяся равной 1.6×10^8 солнечных масс. Еще раньше — в 1940 году — масса темной материи была оценена академиком В. Г. Фесенковым [189], со значением которого почти совпадает оценка П. П. Паренaго, хотя оба автора пользовались совершенно различными методами.

Дифференцированные оценки масс в единицах объема, относящихся к разным галактическим широтам (что до сих пор не делалось) несколько понижают значение общей массы против того, что получено было последними авторами, как это показал анализ каталога цветовых показателей звезд, проведенный в Абастуманской обсерватории (подробнее см. в главе IV).

При будущих вычислениях масс межзвездного вещества необходимо считаться с фактом нейтрального поглощения, т. е. с наличием твердых частиц больших размеров. Как выяснено в исследованиях, проведенных в Абастуманской обсерватории, эта составляющая межзвездного вещества довольно значительна (М. А. Вaшaкидзе, [40]).

Недавняя работа Е. Л. Рускол [148] (Гос. астр. Институт имени Штернберга) свидетельствует о появлении серьезного интереса к вопросу о форме и пространственной ориентировке темных туманностей. Этот интерес естественен и понятен. Он связан не только с теоретической задачей об устойчивости темной туманности под действием сил тяготения и светового давления и под влиянием галактического вращения и прочего, но и с развитием туманности в целом и ее взаимосвязи со звездами. Задача перехода от видимой формы темных туманностей к истинной форме и о пространственной ориентировке решена Е. Л. Рускол в значительной степени, хотя из более трех сотен объектов атласа Барнарда удалось исследовать только около семи десятков. Диффузность, клочковатость, соседство со светлыми туманностями явились ограничениями в решении этой задачи. Но важен результат, выражающийся в концентрировании в плоскости Галактики больших осей большинства темных туманностей и в преобладании вытянутых, а не сферических

¹ По Мак-Кри [661] средний радиус газового облака равен приблизительно 3.8 пс.

темных туманностей. Этот результат автором толкуется как подтверждение участия темных туманностей в галактическом вращении.

Таким образом, мы видели, что наши знания о природе и количественных характеристиках темных туманностей достигли довольно высокого уровня, благодаря исследованиям советских астрономов. Во-первых, они внесли существенные улучшения в методы, применяемые для изучения темных облаков. Во-вторых, они придали последним новое значение, пролившее новый свет на природу галактического поглощения (см. ниже). В-третьих, в Советском Союзе были разработаны теория поглощения и удобный способ учета влияния поглощения света на определение фотометрических расстояний. Наконец, — были установлены физические характеристики темных туманностей.

Упомянутые в этом параграфе исследования и ряд других работ выявили некоторые направления, где космическое поглощение света сказывается уже на весьма близких расстояниях, т. е., где темное облако расположено очень близко от Солнца. В связи с тем, что звездно-статистический анализ плотностей в этих направлениях требует учета поглощения, начиная уже с самых ярких звезд, направления, где поглощение близко, представляют особый интерес. По Стеббинсу Солнце погружено в относительно однородное облако космического вещества, толщиной около 500 парсеков, характеризующее избирательным поглощением в 0.1 зв. величины и фотографическим — около 1.0 зв. величины [908]. С другой стороны, Бекер допускал наличие двух относительно узких ветвей темной материи, вытянутых около Солнца.

В общем надо признать, что мы погружены в обширное космическое облако, простирающееся через солнечную систему от созвездия Тельца к созвездию Скорпиона. Подробная структура облака поглощающего вещества, которое несомненно присутствует вблизи Солнца, пока еще является объектом исследований¹.

¹ В связи с изложенным целесообразно дать перечень работ, характеризующих направления близких поглощений.

Еще в 1928—1935 гг. Шален в нескольких работах показал, что в некоторых направлениях в области Лебеда и Цита заметное поглощение сказывается уже с расстояний в 100 и 70 парсеков [793, 799, 801]. В отношении Лебеда, впрочем, в таком смысле высказывался еще Вольф в работе 1924 года [1021]. Бекер обнаружил избирательное поглощение на сравнительно малых расстояниях по фотоэлектрическим эквивалентам цвета 738 звезд [327]. Это нашло подтверждение в работе [380]. Направления с близким поглощением были открыты между тем и подтверждены в Возничем [611, 793, 799, 800, 807, 482, 527] и в Угльном Мешке [972, 738, 713, 763]. В последнее время близкое поглощение констатировано и в южной части Млечного Пути [965]. Но, наибольший интерес привлекают к себе два противоположных направления: $l = 330^\circ$ в Змееносце и $l = 150^\circ$ в Тельце. Здесь, в этих направлениях не встречаются внегалактические туманности, а звездные подсчеты или колориметрические определения указывают на большое общее фотографическое и избирательное поглощение на расстояниях от 50 до 150 парсеков [864, 740, 793, 799, 710, 712, 708, 611, 612, 231, 412, 980, 990, 652, 662,

Но, интересно, что такая близость облака космической пыли вновь оживила мысль, что кометы и метеоры, особенно те, которые имеют гиперболические скорости, происходят от него [719, 412, 546]. Эту идею развивал В. Г. Фесенков, связывающий с близкими к Солнцу туманностями потоки метеоров, движущихся по отношению к Солнцу с гиперболическими скоростями. Фесенков допускал, что потоки космических частиц, движущихся в Галактике в параллельных направлениях с постоянной скоростью, отклоняются от первоначального пути и устремляются в соседние с Землей пространства, благодаря притяжению Солнца [185, 192]. Значение подобных идей в том, что они способствовали постановке и решению ряда практических задач о плотности, массе, составе и движениях в космической поглощающей среде, на основе допущения подобия между неизвестными нам частичками космической пыли, с одной стороны, и метеорами, характеристики которых доставляются прямыми наблюдениями, с другой.

В своей важной монографии 1947 года [194] В. Г. Фесенков подвел итоги многолетним исследованиям метеорной материи в межпланетном пространстве и дал полное освещение этой проблемы, существенно изменив однако первоначальную идею о непосредственной связи метеоров с облаками галактической пыли.

Выше мы указали, что понятие «коэффициент поглощения» (здесь мы имеем в виду поглощение на 1 км; точное определение коэффициента поглощения см. в курсе П. П. Паренато [134], стр. 237, 238) лишь относительно и им можно пользоваться с оговорками. В параграфе о неоднородности поглощающей среды это утверждение получит дальнейшее обоснование. Кроме того, если учесть, что поглощающая среда обладает падением плотности по мере удаления от галактического

663, 664]. Облака в Тельце и Змеиносце представляют собой, вместе с тем, два примера значительного поглощения на умеренных широтах. Несколько других хотя и менее плотных и менее обширных поглощающих облаков на умеренных широтах фиксировали Лундмарк [641] и Мелот [673], изучавшие распределение темных облаков по картам Франклин-Адамс. Дюфей и Смукович, допустив равномерное распределение звезд между двумя плоскостями, параллельными галактическому экватору, и постоянное значение коэффициента поглощения в этом слое, получили аналитическое выражение для яркости, производимой звездами и рассмотрели ее зависимость от галактической широты. В результате они пришли к выводу, что поглощение в своей большей части происходит в близких окрестностях Солнца [429]. Обстоятельно исследована область Гиад Хольмбергом [548].

Совсем недавно в работе [824] показано, что допущение вытянутого темного облака от Тельца—через Солнце—к Офиуху может объяснить, как качественно, так и количественно, установленную еще в 1926 году в работе [405] закономерность падения абсолютной яркости звезд типа В с уменьшением видимой зв. величины.

Здесь же отметим работу П. Н. Калитина [76], как попытку показать наличие близких локальных стущений космической пыли на основе актинометрических наблюдений.

экватора, то определения коэффициента поглощения по объектам, расположенным на разных галактических широтах, тем более лишены смысла. Тем не менее, коэффициент поглощения служит основным индексом интенсивности поглощения и его используют для характеристики последнего в тех или иных направлениях или областях неба. Поинято, что многочисленные работы, посвященные поглощению, почти всегда ставили своей первоочередной задачей определение коэффициента поглощения, а зачастую и ограничивались только этой задачей.

В нижеприведенной таблице I мы собрали большинство из значений коэффициента общего поглощения, определенных как в весьма ранние годы — в начале текущего столетия, так и в более поздние, вплоть до нынешних. При этом, в таблицу мы не включили те величины, которые заведомо считались применимыми лишь для конкретных и ограниченных участков неба. Следовательно, таблица содержит лишь те значения, которые авторы считали характеризующими все галактическое пространство или, во всяком случае, большие области неба. Мы избегали также таких значений коэффициента поглощения, которые определялись по весьма близким объектам, т. к. в таких случаях коэффициент также не мог быть надежно определен. Но мы могли бы здесь же заметить, что вполне созревает возможность и нужда в составлении галактической карты, которая содержала бы возможно полные данные, характеризующие поглощение в отдельных точках.

Таблица I

Величина поглощения на 1 кпс	Автор	Год опубликования	Работа	Используемый материал или метод. Примечания
1	2	3	4	5
~ 2 зв. вел.	Струве	1847	[153]	Число звезд разных величин.
> 2	Компсток	1904	[411]	Собственные движения звезд.
1.6	Кантейн	1904	[589]	Числа звезд разных величин и средние параллаксы.
0.3	Зеелигер	1909, 1911	[858] [859]	Пространственное распределение звезд.
3	Хальм	1917	[522]	Величины, расстояния и собств. движения звезд
0.5	Шален	1929, 1931	[794] [797]	Плотности пространств. распределения звезд
0.67	Трэмплер	1930	[968]	Открытые скопления
0.7	Боттингер, Шнеллер	1930	[379]	Цефеиды, расстояния от галактической плоскости
0.4	Бок	1932	[362]	Звездные подсчеты; теорет. и статист. дискуссия

1	2	3	4	5
0.44	Бриль	1932	[380]	Сравнение геометрических и фото- метрических расстояний звезд типа В в визуальных лучах
0.85 1.0	Джой Вильямс	1933 1934	[577] [1011]	Цефеиды, галактическое вращение Слабые звезды на весьма малых галакт. широтах
0.93	Шален	1936	[802]	Раннее полученное значение [797], исправленное за счет приведения к 4400 Å
1.06 0.5	Ван-Райн " "	1936 "	[768] "	Цефеиды, галактическое вращение Сравнение геометрических и фото- метрических расстояний звезд-гиган- тов F и M и др. в визуальных лучах
2—3	Ван-де-Камп Высоцкий	1935. 1937	[587] [588]	Собственные движения и видимые яркости 18.000 звезд в визуальных лучах
0.55	Берман	1936, 1937	[357] [358]	Бальмеров декремент в спектрах планетарных туманностей
0.85 1.04 1.0	Кукаркин Мельников Амбарцумян, Горде- ладзе	1937 1937 1938	[84] [109] [15]	Цефеиды Спектрофотометрия По темным туманностям
1.0 1.2	Бок Эйгенсон	1939 1939	[365] [249]	Звездные подсчеты Внегалактические туманности
0.85 (1.50) 1.1	Джой Стеббинс и его сотруд- ники	1939 1940	[578] [907]	Цефеиды, галактическое враще- ние Фотоэлектрические цвета звезд типа В.
0.70 0.65	Трэмплер Вильсон	1940 1940	[970] [1015]	Открытые скопления Галактическое вращение по ради- альным скоростям звезд О и В, Це- феид, звезд с характеристикой «с» и межзвездного газа
2.0	Кукаркин	1940	[85]	Цветовые эквиваленты 2073 звезд (измеренных фотографически)
3.4	Паренаго	1940	[131]	Для направлений, совпадающих с плоскостью Галактики
1.0	Сейферт и Поппер	1941	[863]	Слабые звезды типа В
0.35 0.50	Вернберг	1941	[991]	Простр. распределение 3100 звезд до 10.5 зв. величины в Цефее.

1	2	3	4	5
1.0	Хилл	1942	[541]	Фотограф. величины около 32.000 звезд. Анализ величин и цветов звезд. Избытки цвета звезд типа В. Результаты сильно зависят от принятого допущения, что ср. параллакс звезд равен 0." 001
0.92 1.36	Лязжло Камм	1942 1944	[626] [393]	Цефеиды; рад. скорости; галактич. вращение. Для направлений к центру Галактики
0.52 3.5	" Паренаго	" 1945	" [132]	Для прочих направлений Критическая сводка. Относится строго к галактической плоскости, при толщине однородного слоя в 200 пс.
3.2	Вилькеис	1945	[1006]	Относится к галактической плоскости
1.05	Мак-Лалэн	1945	[671]	Известные данные о шаровых скоплениях и др.
0.77	" "	"	"	Для относительно «светлых» направлений
1.0 1.2 0.82	Мельников Амбарцумян	1945 1946	[111] [112] [11]	Звезды типа В; Цефеиды Новый метод поверхностных яркостей
3.3	Флоря	1947	[196]	Относится строго к галактической плоскости
1.3 1.0	Дейч Вашакидзе	1947 1949	[63] [38]	Собственные движения звезд Показатели цвета внегалактических туманностей и цефеид
2.05 1.6	Бадалян Агекян	1949 1949	[17] [1]	Показатели цвета цефеид Звездные подсчеты, определяющие функцию видимой плотности
1.1	Мельников	1950	[114]	Среднее из ряда данных, а также: галактическое вращение, собственные движения, — координаты цефеид

§ 6. Избирательное поглощение

Результаты цитированных нами первых работ, выразившиеся в установлении различий в относительных интенсивностях фиолетовой части спектра ряда звезд или показавшие покраснение или увеличение цветовых показателей звезд с увеличением расстояний, могли быть интерпретированы как явление избирательности поглощения.

света звезд в межзвездном пространстве. Наблюдения неоднократно обнаруживали, что ранние звезды, отдаленные от нас, значительно краснее, чем более близкие к нам звезды того же спектрального класса.

Около 1915 года, после работ, в которых к исследованию данного вопроса стал впервые привлекаться значительный для того времени материал [702, 575], зависимость покраснения (цвета) от расстояния звезд возбудила к себе всеобщий интерес. Указанная зависимость, став предметом оживленных исследований, находила себе подтверждение на все более и более разнообразных объектах. Наряду с этим появились работы, которые показывали покраснение звезд, заключенных в диффузных туманностях [845, 978, 979, 387]. В 1923 году Вольф поднял вопрос о возможном покраснении в темных туманностях, но, исследовав цвета 126 звезд в темной и светлой областях вблизи NGC 6960, не сумел обнаружить покраснения [1019]. Зато почти все без исключения последующие исследования темных туманностей показывают, наряду с общим поглощением и избирательное поглощение. Но аномальные цвета, т. е. увеличенные цветовые показатели звезд открывались и в областях, свободных от видимых светлых или темных туманностей¹. Наконец, было обнаружено покраснение по фотоэлектрическим цветам нескольких сотен звезд, при этом на относительно малых расстояниях — менее 700 парсеков [327, 328, 334].

Но заслуживает особого упоминания тот факт, что еще до цитированных здесь работ в ряде исследований, опубликованных еще в 1927—1929 годы, В. Г. Фесенков [176, 177, 178] в СССР обнаружил, что цвета звезд систематически возрастают с приближением к Млечному Пути. При этом, эффект особенно отчетливо выступает для звезд ранних спектральных классов. Указанные исследования Фесенкова и вместе с ними и его же работа по определению относительных градиентов 24 звезд ранних спектральных типов в фиолетовой области спектра [179], в которой на наблюдательном материале Г. А. Шайна в Симеизе было показано отклонение распределения энергии в фиолетовом участке спектра от планковского, означали, по существу, открытие избирательного поглощения в Галактике. Но, изложенные выводы Фесенкова не были в то время должным образом оценены в отношении их толкования в связи с рассеянием света в межзвездном пространстве.

Работы Трэмплера показали, что в наиболее далеких открытых галактических скоплениях имеет место расхождение между цветовы-

¹ Сирс с сотрудниками указывали на звезды с аномальными цветами в Площади Каптейна № 40 [846], а позднее также и в других Площадах [841]. Другие авторы выявили цветовые избытки звезд типа В и А, расположенных около галактической плоскости [583], а затем и явно выраженную корреляцию между цветовым избытком и расстоянием звезд в NGC 663 [795, 797]. Звездная куча NGC 663 послужила объектом и для ряда других работ [282] и др.

ми показателями и спектральными классами [1966]. Вслед за этим появились многие работы, толкующие этот же вопрос на основе различного материала, с привлечением разных способов исследования.

Не все из них имели одинаковую силу убеждения или одинаковую значимость, но общим и бесспорным выводом было наличие избирательности галактического поглощения света звезд. Этот вывод находил в дальнейшем подтверждение в работах, основанных на визуальных, фотографических и фотоэлектрических определениях цветов звезд ранних и поздних классов, ярких и слабых, или на определениях цветов шаровых куч и внегалактических туманностей и наконец, что было весьма важно, — на измерениях спектрофотометрических градиентов [1967, 1979]. Результаты этих работ не оставляли сомнения в том, что цвета звезд, с переходом к слабым, статистически возрастали, т. е. звезды становились краснее, с увеличением расстояния, а звездные шаровые кучи оказались тем краснее, чем ближе они расположены к галактическому поясу¹.

В Советском Союзе Г. А. Шайн [220] открыл в 1934 г. явление избирательного пространственного поглощения по декременту водородной серии Бальмера в спектрах планетарных туманностей². Это было весьма оригинальное исследование. Г. А. Шайн обратил внимание на то, что в ряде туманностей декремент оказывается круче, чем это соответствует теории каскадных переходов электронов после рекомбинации водородных ионов. Сгруппировав туманности по признаку галактических широт и исходя из известных средних параллаксов и некоторой величины избирательного поглощения, Шайн объяснил последним упомянутое явление.

К ранним работам Шайна относится и подробное исследование значительно «окрашенных» небулярных звезд [221]. (См. также работу Сирса и Хаббла [845]).

Затем, в 1937 г. Б. В. Кукаркин [84] выполнил обстоятельное — по тому времени — исследование избирательного поглощения на

¹ Можно привести большой перечень работ. Слокум показала увеличение цветового избытка по мере перехода от звезд типа F к звездам типа A, что означало рост поглощения с расстоянием [882]. (См. также [430, 431, 432]). Эльви обнаружил покраснение по звездам ранних спектральных классов [447], а позже, по фотоэлектрическим цветам ранних звезд, установил связь с областями темных облаков [448]. (См. также [837, 470, 962, 1001, 1010, 1011, 732, 800, 517, 920]). Но лишь немногие из них сохранили полное значение. Дальше, чем другие, хотя и позже по времени, пошел в смысле проникновения до слабых (далеких) звезд Смит [885], который, констатируя увеличение цветового избытка с увеличением расстояния, обнаружил при этом, что увеличение не столь резко выражено на больших галактических широтах.

² Лишь двумя годами позже Берман [357] за границей пришел к тому же выводу о влиянии межзвездного поглощения на декремент.

основе анализа каталога цветов 1207 звезд. Он обнаружил увеличение цвета звезд с уменьшением галактической широты¹.

К этому времени относится опубликование Г. А. Тиховым [170] результатов многолетних работ по применению оригинального метода продольного спектрографа, а также и каталога цветов звезд в Площадах Каптейна.

Наконец, в 1939 году, Г. А. Шайн и П. П. Добронравин [230] (см. также [69]), в результате фотографирования отдельных участков Млечного Пути с помощью светосильного двухпризмового спектрографа, изучили распределение энергии в спектрах и сделали заключение о наличии избирательного поглощения в отдельных участках Млечного Пути, при этом, — разной величины для разных участков.

Возвращаясь к вышеприведенному результату Б. В. Кукаркина, можно вспомнить, что Паркхерст также заметил увеличение показателей цвета звезд с переходом к низким галактическим широтам, но, не располагая данными спектральной классификации, интерпретировал это явление как результат большей концентрации слабых звезд позднего типа ближе к галактической плоскости ([1748], посмертное издание). Этот вывод не верен, но по тому времени, когда данных о распределении звезд по спектральным типам было так мало, к нему можно было легко склониться. Вообще же, нельзя не признать, что в подобных исследованиях вопрос о процентном распределении гигантов и карликов на различных широтах и в различных удалениях от Солнца требует осторожного и внимательного изучения. Незнание вида функции светимостей, действительного падения плотности звезд разных классов, осложняет исследование особенно в тех случаях, когда отсутствует при этом спектральная классификация. Это обстоятельство, можно сказать, являлось тормозящим фактором в утверждении концепции избирательности межзвездного поглощения. Тем более, что в тот период публиковались и такие работы, в которых не было свидетельства корреляции между цветовыми показателями и расстояниями².

Естественно, что наблюдаемое покраснение звезд или других объектов не всегда бывало безусловно интерпретировано как эффект межзвездного расстояния. Действительно, оно еще могло и не означать изби-

¹ Двумя годами позже А. Н. Высотский и Вильямс показали на цветах 15-ти шаровых куч увеличение межзвездного покраснения с уменьшением галактической широты [977].

² Эддингтон, в одной из публичных лекций, прямо высказался против возможности ощутимого эффекта покраснения, исходя из теоретических рассуждений [444]. Даже еще в 1936 году находились зарубежные авторы, отрицающие избирательное поглощение. Например, — Ф. Бекер, который не мог найти покраснения на Боннском спектрофотометрическом материале [325], что впрочем неудивительно, т. к. этот материал относится исключительно к ярким звездам.

рательности межзвездного поглощения. На самом деле, покраснение R и I звезд может вызываться двумя факторами: 1) рассеянием света и 2) поглощением водородными линиями в фиолетовой части спектра самой звезды. Независимо от этого остается в силе и третий фактор, упомянутый выше и заключающийся в том, что если переходить к звездам более слабым и отдаленным и охватывать рассмотрением все большее их количество, то звезды в своей массе будут в среднем краснее, вследствие преобладания среди них абсолютно более ярких звезд типа G и K . Что касается второго фактора и вообще, возможностей объяснения видимого покраснения звезды свойствами, присущими самой звезде, то на них бывали неоднократные указания (см. например, работы [50, 51] и др.). Некоторые авторы толковали замечаемые покраснения ряда звезд типа B наличием среди них в большом количестве сверхгигантов с характеристикой «с» [537].

Однако, дальнейшими, более обширными колориметрическими исследованиями удалось отделить эффект покраснения с расстоянием от эффекта абсолютной величины. Целый ряд независимых друг от друга доказательств делали все более бесспорным наличие пространственного (межзвездного) покраснения звезд и других объектов¹.

Прекрасным средством обнаружения и исследования избирательного поглощения оказались фотоэлектрические эквиваленты цвета. В этой области важное место занимают среди других работ многолетние измерения цвета звезд типа B , шаровых звездных куч и внегалактических туманностей, сделанные Стеббинсом и его сотрудниками [901, 903, 904, 909, 910, 911, 905, 906, 907, 908, 912]. Эти измерения подтвердили увеличение покраснения звезд с расстоянием и с приближением к галактическому экватору и, можно сказать, вторично ооконтурили «зону избежания» фиксированием на небе «красных» шаровых скоплений. К 1940 году этими измерениями было выяснено, что фотоэлектрические цветовые эквиваленты, соответствующие длинам волн 4260 и 4770 Å, возрастают на 0.17 на 1 кпс. Впрочем, колебания этого прироста, вызываемые иррегулярностью пространственного покраснения значительны: от 0.09 до 0.22 и более. В итоге был получен вывод общего характера, заключающийся в том, что причиной покраснения звезд около галакти-

¹ Вильямс удачно использовала первые электроколориметрические определения Боттлингера [377], а также и фотоэлектрические цвета Эльви [447] и получила возможность утверждать, что наблюдаемое покраснение не является эффектом абсолютной величины, а происходит именно в межзвездном пространстве [1010, 1011]. На основе исследования цветовых избытков в тесно расположенных двойных звездах, Бекер пришел к выводу о межзвездной, главным образом, причине покраснения [339]. Другие доказательства и заключения о межзвездной причине покраснения доставляли упомянутые уже работы, а также и исследования, основанные на прецизионных электроколориметрических измерениях и показавшие закономерное покраснение звезд, шаровых куч и внегалактических туманностей.

ического круга является то же межзвездное вещество, которое создает «зону избегания», а также и отдельные темные облака на фоне Млечного Пути (см. также работу [841], где Сирс показал связь цветовых избытков звезд с числом внегалактических туманностей).

Успехи, которых достиг в Абастуманской астрофизической обсерватории В. Б. Никонов [120] в области электроколориметрии, тщательность и точность его измерений, превзошедшие аналогичные зарубежные определения, наконец, работа, осуществленная в Абастумани Никоновым, по построению прецизионного Каталога фотоэлектрических цветовых эквивалентов 1000 звезд типа В8—В8, дают основание полагать, что исследование избирательного галактического поглощения методами электроколориметрии доставит нам в ближайшем будущем немало новых интересных и важных результатов.

В. Б. Никонов сумел осуществить исключительно тщательный учет ослабления света в земной атмосфере. Это ставит построенный им каталог выше всех других, кстати, не малочисленных каталогов фотоэлектрических цветовых эквивалентов зарубежных наблюдателей ([516, 377, 447, 448, 328, 334, 356, 497, 904, 906] и др.). После работы Никова стало ясно, что, во всяком случае, со стороны колориметрической, применение электрофотометрии сулит многое в том смысле, чтобы получать в будущем надежную оценку избирательного поглощения из индивидуального наблюдения звезды а, следовательно, — для данного направления и данной глубины. Это же будет иметь большую ценность для возможно полного изучения проблемы.

В Абастуманской обсерватории заканчиваются, вместе с тем, электроколориметрические измерения цвета около 200 звезд с характеристикой «с» в тех же целях изучения избирательного поглощения в Галактике.

В Советском Союзе избирательное поглощение было констатировано и величина его определялась и на основании измерений и сравнений цветовых показателей звезд в светлых и темных областях Млечного Пути. Много результатов в этой области принадлежат пулковским астрономам (М. Д. Берг [25], И. А. Балановский и В. Ф. Газе [18], К. Т. Стоянова [152], И. Н. Леман-Балановская [95] и др.)¹. Особо отметим здесь работы П. Ф. Шайн [232, 233], значение которых в том, что они, выявив значительное избирательное поглощение в области известного большого раздвоения Млечного Пути, окончательно подтвердили идею об его поглощательном характере. Подтверждения отдельным частным выводам П. Ф. Шайн мы находим в недавней работе Уэвера [988].

¹ Из зарубежных следует упомянуть работы: [779, 795, 799, 921, 725].

Поскольку избирательное поглощение влияет на видимое пространственное распределение звезд по спектральным типам, можно найти и способ изучения поглощения, если исходить из данных о спектральном распределении звезд. В качестве примера такого исследования можно назвать работу М. А. Вашакидзе [36], выполненную в Абастуманской обсерватории. Однако, работам такого рода много усилий посвятили шведские астрономы [974, 981, 793, 655] и другие [386, 273, 864]. В некоторых из этих работ было осуществлено деление неба на яркие и темные области и признано в них различие в покраснениях света звезд еще до того, пока были произведены непосредственные определения показателей цвета.

М. С. Эйгенсон [243] прибег к внегалактическим туманностям для вычисления галактического избирательного поглощения. В наши годы немало работ посвящается исследованию как общего, так и избирательного поглощения во внешних галактиках (см. напр., [549]). Результаты этих исследований находят обычно применение по аналогии или иным образом, для изучения галактического поглощения.

Внегалактические туманности послужили материалом и М. А. Вашакидзе [34, 35, 37, 38], закончившему еще в 1948 г. составление каталога фотографических показателей цвета более 500 внегалактических туманностей, из содержащихся в работе [872]. Недостатком такого материала следует считать отсутствие данных объектов в зоне избегания, т. е. — в наиболее интересной, с точки зрения поглощения, полосе Млечного Пути. Но, Вашакидзе дополнил свой материал определениями показателей цвета более 125-ти долгопериодических цефеид, которые характеризуются, наоборот, концентрацией около галактического круга. Таким образом, он получил заслуживающий внимания материал, анализ которого дал ему возможность сделать оценки ряда величин, характеризующих галактическое избирательное поглощение. Определения цвета долгопериодических цефеид выполнены, вместе с тем, хотя и в меньшем количестве, астрономом Бюраканской обсерватории Г. С. Бадалян [17].

Надо однако заметить, что общим слабым местом обоих исследований является трудность вывода нормальных цветов цефеид. Если в каком случае нельзя считать преодоленной применением решения известного уравнения, куда входят показатель цвета, спектр и поглощение, — по способу наименьших квадратов. Тем же страдает и работа В. П. Федорович [174]. В Абастуманской обсерватории [88] была практически показана непригодность этого метода.

В 1937 году Эльви и Роч [449] наблюдали избыточное излучение из межзвездного пространства или, как они называли это — «галактическое освещение». Это было объяснено ими как эффект рассеяния

света звезд межзвездными частицами. Хорошее подтверждение ему нашлось бы в том, если бы удалось констатировать, что показатель цвета «галактического освещения» меньше, чем средний показатель цвета большинства звезд. Рудник [782] сделала такую попытку определения показателя цвета ночного неба. Но к ее результатам нельзя отнестись с доверием. Подобный случай требует весьма деликатного выполнения измерений и вычислений, в которых результаты должны быть освобождены от влияния других факторов, накладывающихся на «галактическое освещение». Именно это влияние и не учтено в опыте Рудник.

Наконец заметим, что более новые исследования цвета звезд в диффузных туманностях, подтвердили факт рассеяния света частичками туманностей (см. напр., [940]).

Перечисленные нами работы характеризуют, — хотя и не с совершенной полнотой, — исследования избирательного поглощения, преимущественно, в период тридцатых годов. Здесь были упомянуты наиболее важные работы, большинство из которых опирается на метод определения показателей цвета или цветовых эквивалентов различных небесных объектов, вычисления цветовых избытков и сопоставления последних с расстояниями. Эти работы привели к общим, согласным выводам о том, что покраснение растет с расстоянием, при этом ранние звезды и, особенно, звезды В оказались прекрасными объектами для изучения корреляции между покраснением и расстоянием¹. Покраснение оказалось зависящим не только от расстояния, но и от галактической широты, увеличиваясь с уменьшением последней.

Работы, посвященные изучению избирательного поглощения, изобилуют определениями коэффициента избирательного поглощения. Те из значений последнего, которые даны авторами в качестве характеристики всей Галактики в целом, или во всяком случае, больших ее пространств, мы приводим в нижеследующей таблице II.

Целый ряд других определений коэффициента избирательного поглощения, не включенных в таблицу II, относится к отдельным темным или светлым областям Млечного Пути или к другим участкам неба. Их значения можно найти в цитированных выше работах. Все эти значения имеют очень большую дисперсию. Впрочем, последнее замечание можно отнести и к тем, которые выделены в таблицу и которые считаются зна-

¹ Не лишено интереса, что Бекер, исходя из установленной связи между избытками цвета и расстоянием, выводил абсолютные яркости звезд СВ и СА на основе наблюдаемых цветовых избытков последних, получив при этом для этих звезд $M = 4.80 \pm 0.15$ [340]. Несколько позже, пользуясь тем же методом, он получил для О-звезд $M = -3.52 \pm 0.13$ [341]. В работе Мартина [658] деление В-звезд на группы близких и далеких звезд, произведенное по собственным движениям и параллаксам, хорошо подтверждает результаты анализа их цветов и спектрофотометрических градиентов.

чениями, характеризующими всю Галактику. Дисперсия эта прежде всего вызвана неоднородностью материала. Даже после приведения к одной системе длин волн, дисперсия может оставаться значительной из-за разных расстояний, используемых при соответствующих вычислениях. Ведь разные авторы пользуются разными коэффициентами общего поглощения для исправления расстояний, при приведении наблюдаемого цветового избытка к одному килопарсеку. При этом, большинство авторов исходит из фотометрических расстояний и влияние редукции безусловно сказывается на рассеяние значений коэффициента. Лишь немногие исходили из расстояний, вычисленных методом, независимым от поглощения—по радиальным скоростям — на основе теории галактического вращения [863].

Но, главной причиной дисперсии быть может служит та неравномерность и иррегулярность, которые характерны, очевидно, и для избирательно поглощающего вещества.

Таблица II

Велич. избир. поглощения на 1 кпс.	$\lambda\lambda$ в $m\mu$	Значения привед. к $\lambda\lambda$ 440, 550	Автор	Год опубликования	Работа	Использованный материал или метод. Примечания
1	2	3	4	5	6	7
0.47 зв. всл.	—	—	Джонс	1914	[575]	Собствен. движ. и цвета звезд
0.36	430, 620	0.29	Трэмплер	1930	[968]	Открытые скопления
0.35	440, 550	0.35	Ван-де-Камп	1930	[583]	Слабые звезды
		± 0.04	"	1932	[585]	В и А
		0.27				Яркие звезды В и А
		± 0.13				
0.19	390, 440	0.29	Эман	1930	[725]	Слабые В-звезды
		0.26	Шален	1930	[795]	Цвета звезд в открытых скоплениях
0.34		± 0.06	Слокум	1931	[882]	Звезды типа А и F
± 0.03						Близко к интернациональным длинам волн
		0.30	Шален	1931	[797]	Цветовые избытки звезд в открытом скоплении NGC 663.
0.49			Эльви	1931	[447]	Фотоэлектрические цвета ранних звезд. Неуверенная система цветов
0.09	425, 475	0.18	Бекер	1932, 1933	[327] [328] [334]	Яркие звезды типа В
0.38	385, 510	0.25	Вильямс	1932	[1010]	Яркие звезды типа В
		± 0.05				
0.49	385, 510	0.33	Глейсберг	1932	[458]	Яркие звезды типа В
0.28	426, 477	0.48	Стеббинс и др.	1933, 1934	[903] [904]	наблюдаемые Эльви [447] Электроколориметрия звезд типа В

1	2	3	4	5	6	7
0.34	385, 510	0.24	Вестгейт	1933	[993]	Фотоэлектрические избытки цветов звезд Ботлингера [377], Эльви [447, 448]. Интенсивность межзвездных кальциевых линий
		0.30 ± 0.03	Шин	1934	[221]	Цвета звезд, погруженных в диффузные туманности
0.50	440, 550	0.50 ± 0.04	Раймонд	1934	[757]	Величины и показатели цвета относительно ярких звезд. Расстояния до 500 парсеков
0.36	430, 620	0.24 ± 0.04	Цуг	1935	[1025]	Открытые скопления.
0.2			Смит	1937	[885]	Метод полу-фильтров в Орле для малых расстояний, — до 250 парсеков
1.4			"	"	"	Там-же, для больших расстояний — более 250 парсеков. Избытки цвета 386 звезд типа В0—В5. Для малых расстояний; до 100 парсеков
		0.30 >0.50	Мэтр Хартвиг	1939 1939	[648] [527]	Показатели цвета нескольких тысяч звезд. Относится к весьма темным облакам в Возничем
—	—	0.15	Стеббинс и др.	1939, 1940	[905] [906]	Фотоэлектрические цвета 1332 звезд типа В.
		≈ 0.40	Хант и др.	1939	[567]	1860 звезд типа В8—А5 до 8-й зв. величины
0.26	425, 477		Кукаркин	1940	[85]	Цветовые эквиваленты 2073 звезд (измеренных фотоэлектрически). Материал Ботлингера, Бекера, Стеббинса
0.30	370, 830		"	"	"	Эльви, Холла и других
		0.30	Сейферт и Поппер	1941	[863]	Слабые звезды типа В (от 9 до 11 зв. величины)
		0.2	Хил	1942	[541]	Анализ цветов и величин до 32.000 звезд.
		0.39	Паренаго	1945	[132]	Сводка
		"	"	1946	[134]	
		0.33	Флоря	1949	[196]	Среднее из ряда данных
		0.23	Мельников	1950	[114]	Среднее из ряда данных

Большинство из определений коэффициента избирательного поглощения основано на объектах, расположенных в направлениях, близких к плоскости Млечного Пути. Для малых галактических широт он имеет в среднем значение, близкое к 0.30 зв. величины в интернациональной системе длин волн. Коэффициент поглощения, определенный по данным,

относящимся к низким галактическим широтам, в значительной степени обусловлен поглощательными способностями отдельных локальных облаков. Для умеренных или высоких галактических широт коэффициент заметно меньше, очевидно по причине более редкой концентрации отдельных масс поглощающего вещества, а также и в силу неоднородной плотности поглощающего слоя. Вместе с тем, те определения среднего коэффициента поглощения, — (это в равной степени относится, как к избирательному, так и к общему поглощению), — которые базируются на изучении объектов большой галактической концентрации (например, очень ранние звезды; звезды, с характеристиками «с»; цефеиды; звездные скопления) уже не могут характеризовать все небо. Те же объекты, которые оказываются расположенными особенно далеко от Солнца, характеризуют очевидно исключительно «прозрачные» направления, пренебрегают влиянием локальных образований и также не отражают достаточно общую поглощательную способность галактического пространства. Наконец, значение коэффициента меняется и при данной широте, но в различных направлениях от нас, в силу неоднородного распределения в пространстве масс поглощающего вещества¹.

Следовательно, то что было сказано в этом смысле об общем поглощении, т. е. о средн. вызывающей общее поглощение, может быть повторено и по отношению к той части поглощающего вещества, которая обуславливает избирательное поглощение. В связи с этим приходится признать, что понятие коэффициента избирательного поглощения имеет относительный и ограниченный смысл и, во всяком случае, нельзя считать, что коэффициент, определенный по объектам какого-либо преимущественного направления, может быть применен для всех направлений неба. Неосторожным применением одного среднего значения коэффициента поглощения, в некоторых случаях, вместо исправления можно легко ухудшить результаты. Известно, например, к каким серьезным погрешностям ведет применение одного среднего значения коэффициента поглощения при определении постоянной Оорта дифференциального галактического вращения, основанное на использовании фотометрических расстояний [1015]. Вместе с тем весьма рискованно применять к направлениям высоких галактических широт значения коэффициента поглощения, определенные по объектам, расположенным на низких широтах.

¹ По Бекеру [333] значения коэффициента избирательного поглощения меняются в весьма больших пределах даже в самом Млечном пути, где они варьируют между 0.05 и 0.59 зв. величины на 1 кпс. По Стеббинсу [906, 907, 908] в пределах пространства с радиусом в 2 кпс вокруг Солнца влияние межзвездного вещества, особенно около галактической плоскости, столь неравномерно, что поглощение не может быть представлено средним коэффициентом.

§ 7. Неравномерность поглощения. Связь между общим поглощением и избирательным поглощением. Поглощающая среда пылевых частиц и межзвездный газ

Многочисленные исследования, выполненные за последние два десятилетия лет, доставляли нам много примеров разнообразия и сложности структуры отдельных темных облаков, неоднородности поглощения даже на сравнительно небольших поверхностях неба и различий в покраснениях одинаково удаленных звезд, находящихся в близких между собой направлениях. В качестве примера можно назвать созвездие Тельца, где мы имеем обширное поглощающее облако, которое исследовано в различных его точках многими авторами. Исследования показывают, что как величина поглощения, так и удаление от нас отдельных частей облака весьма различны. Величина поглощения в различных точках меняется от 0,5 до 4-х зв. величины. Другой наглядный пример поглощающей массы разнообразной структуры являет собой облако в области переменной δ Единорога, для которого характерны многообразные разветвления и другие неоднородности.

Выполненная еще до тридцатых годов Б. В. Окуневым [127] в Пулковской работе по статистике звездных спектров в области Млечного Пути около туманности «Америка» и проведенное там же спустя несколько лет другое исследование другими методами М. Д. Берг [25] в области Цефея также служат убедительной иллюстрацией к сказанному¹. Вообще, весь Млечный Путь даже своим внешним видом, представляющим фон, сильно перемешанный звездными облаками и темными участками, свидетельствует об его сложной структуре и вместе с тем, и о неоднородном распространении в нем поглощающего вещества. Послед-

¹ Можно привести много других примеров неоднородного, сложного строения поглощающей среды: темное облако около ϵ Змееносца [710, 712], область открытого скопления NGC 6649, где по Шалепу одно облако обнаруживает поглощение, равное 0,6 зв. величины на расстоянии в 600 парсеков, а другое, близлежащее, — целым трем зв. величинам, при этом, это значение поглощения достигается в одной точке на расстоянии в 800 парсеков, а в другой — даже на расстоянии в 300 парсеков (799, 800); область в созвездии Щита (1022, 801); область около R Южной Короны с отдельными «глыбами» поглощающих масс, где эти «глыбы» облака, поглощающие до двух и более зв. величин, занимают весьма небольшую поверхность — всего около 0,4 кв. градуса [456]; хорошо известное облако «Угольный мешок» [972, 713]; недавно исследованные участки в созвездии Скорпиона в южной части Млечного Пути [538]; Млечный Путь в Кассиопее [291, 295] или в Змееносце и севернее Стрельца [293]; многообразные «разводья», столь характерные для Цефея [774, 991] и многие др. Наконец, области Лебеда, Северной Америки и прилегающие участки, в отношении которых имеются многочисленные исследования [974, 709, 688, 696, 691, 693, 1021, 540, 796, 662] и др. делают очевидной сложность структуры поглощающей среды. Это, наконец, находит подтверждение и в известных работах Паниенкука, построившего изофоты для большей части Млечного Пути. ([741, 743, 744] и др.). Даже в таких областях, где наблюдается исключительно равномерное видимое распределение звезд, в разных точках поглощение различно (в Единороге [365], в участках Цефея [755] и др.).

нее, представляющееся нам в виде темных участков или облаков, в одних случаях распространяется на весьма большие области, покрывая собой большие поверхности Млечного Пути, в других же—представляется составленным из мелких, небольших частей, перемежающихся со светлыми участками. Расстояния от нас, на которых начинается поглощение, также весьма разнообразны и колеблются от значений, являющихся предельными, в смысле проникновения современными наблюдательными средствами, до весьма близких,—равных нескольким десяткам парсеков.

Известный ход разности между логарифмами фотометрических и геометрических расстояний до скоплений, послуживший основанием для утверждения наличия поглощения, не был обнаружен или, во всяком случае, был слабее выражен для тех скоплений, которые проектируются на светлые области неба. Отсюда следовало, что в последних поглощение отсутствует. Если это явление нельзя считать общим правилом, то, по крайней мере, оно показало, что поглощение не распространено равномерно. Кстати и Сирс высказался в 1931 году в пользу «нерегулярностей поглощения», считая их несомненно великими [839]. С другой стороны, в тот же период в зарубежной литературе встречались противоречивые высказывания и возражения против допущения неоднородности поглощения. Шален считал, что по крайней мере в пределах 2-х килопарсеков, цветовые избытки возрастают пропорционально расстоянию и что поэтому надо считать, что избирательное поглощение вызвано не локальными облаками, а поглощающей материей, равномерно распространяющейся около плоскости Млечного Пути, по крайней мере до расстояний в 2 килопарсека от Солнца [797]. Но, вскоре его же собственные исследования явились свидетельством неравномерности поглощения. Последняя вытекала и из работ А. Н. Высотского и Вильямса [977] и других: [978, 962, 447, 901, 1025, 882]. Но все или почти все перечисленные работы преимущественно носили характер частных исследований, не трактующих проблему в целом и при этом были полны противоречий.

Ряд работ, выполненных в Советском Союзе, сыграли решительную роль в утверждении концепции неоднородного строения галактического поглощающего вещества. При этом эти работы дали основу и целому ряду количественных оценок и, вместе с тем, привнесли с собой оригинальные методы общей трактовки проблемы, по-новому осветив последнюю.

Исследованием, выполненным в 1937 году в Абастуманской астрофизической обсерватории, В. А. Амбарцумян и Ш. Г. Горделадзе [15] решительно изменили представление о природе межзвездного поглощения света, отвергнув гипотезу равномерного заполнения пространства космической пылью и объяснив поглощение действием отдельных

пылевых туманностей. Из последнего вытекала прерывистость поглощения, меняющегося скачками по мере того, как луч света пронизывает одну, две или несколько туманностей. При этом было констатировано единство светлых и темных пылевых туманностей¹, что следует также признать принципиально важным выводом.

Точка зрения прерывного (облакообразного) распределения поглощающей материи была развита В. А. Амбарцумяном и применялась в созданной им теории флуктуаций. В работе, выполненной в 1939 году, при посещении Абастуманской обсерватории, он показал и объяснил клочковатостью поглощающей материи флуктуации в наблюдаемом числе внегалактических туманностей [5].

Цитированные выше работы акад. Фесенкова выразились и в почти сплошном фотометрировании Млечного Пути светосильной, широкоугольной камерой (где пластинки покрывают поле около 1000 кв. градусов). Работы эти важны как методически, так и своими результатами, относящимися к характеристике строения Млечного Пути. Результаты сводятся к тому, что полоса Млечного Пути имеет весьма сложное строение; она распадается на отдельные темные облака, которые, зачастую, накладываются друг на друга.

Возвращению о клочковатой природе галактического поглощающего вещества многие прибавили исследования Б. В. Кукаркина [86] в Москве и ряда астрономов за рубежом². При этом нашлось подтверждение мысли, что существует тесная связь между общим и избирательным поглощением и клочковатость строения одинаково характерна как для вещества, вызывающего общее поглощение, так и для избирательно поглощающего вещества.

Б. В. Кукаркин [84, 85] показал, что существует корреляция между цветовыми избытками звезд (даже относительно близких — до 200 — 250 пс) и изофотами Млечного Пути и что, кроме того, величины

¹ Другая сторона проблемы — о возможной случайности встречи звезд с туманностями нашла более правильное и убедительное освещение, как нам кажется, в недавних исследованиях акад. Г. А. Шайна [229], а также в высказываниях Б. А. Воронцова-Вельяминова [48].

² Голландский астроном Крэйген [615, 616] показал, что при непрерывном поглощении не могли бы иметь места наблюдаемые резкие колебания в распределении яркости в Млечном Пути. Он нашел далее число поглощающих облаков больше в направлении на центр Галактики, чем на антицентр и, что вообще в галактической плоскости мы имеем дело с совокупностью весьма большого количества малых облаков, перекрывающих — в проекции на небо — друг друга. Спустя несколько лет Альбер [279] обнаружил — в исследованиях, посвященных скоплениям в Кассиопее, — произвольное распределение избытков цвета и заключил, что наблюдаемое поглощение обязано целому множеству рассеянных по данной области отдельных малых облаков, характеризующихся различными поглощающими способностями. Ряд других работ ([863, 729] и др.) подтверждает пятнистость избирательного поглощения (т. е. клочковатость избирательно поглощающей материальной среды) и его преимущественную связь с темными облаками.

избытков коррелируются с шириной зоны избегания. К этому выводу он пришел на основе исследования, предпринятого им в связи с результатом Г. А. Шайна [223], сопоставившего цветовые избытки Стеббинса и Хаффера с изофотами Млечного Пути по Паннекуку и нашедшего корреляции между ними (так называемый парадокс Шайна). Впрочем, подобный же результат получался и из исследования Кукаркиным [84] им же составленного генерального каталога цветов 1207 звезд. Противоречие заключалось в том, что т. к. темные области Млечного Пути должны вызываться поглощением света звезд, то чем больше яркость данного участка Млечного Пути, тем меньше должны быть в нем избытки цвета звезд, что не подтверждалось наблюдениями. Кукаркин отнес этот результат за счет клочковатой природы поглощения света, в соответствии с воззрением Амбарцумяна и Горделадзе. Было показано, что лишь тогда, когда берутся избытки цвета не всех звезд, а только тех, которые расположены непосредственно за близкими темными туманностями (которые, со своей стороны, пестрят фон Млечного Пути), корреляция между ними и яркостью Млечного Пути выступает явно. Это становится понятным, если мы представляем себе причиной поглощения не непрерывную среду, а отдельные темные туманности по Амбарцумяну и Горделадзе, и отдаем отчет в том, что далекие от нас темные туманности, имея малые угловые размеры, не могут резко влиять на изофоты. Кукаркин подсчитал и подтвердил анализом данных, что колебания в изофотах Млечного Пути вызываются теми туманностями, которые не удалены от нас более, чем на 200 пс.

Таким образом, внешне парадоксальный результат Г. А. Шайна Кукаркин смог истолковать как новое подтверждение такого представления, согласно которому поглощение вызывается отдельными областями космической пыли. При этом, результат был, конечно, справедливо объяснен самим Г. А. Шайном частично действительными вариациями звездной плотности в Млечном Пути.

М. С. Эйгенсон и О. В. Добровольский [255] показали на основе подсчетов чисел звезд в нескольких Площадах Каптейна, что звезды ярче 10-ой величины распределены равномерно вдоль Млечного Пути, но поглощающее вещество в тех же местах — клочковато, при чем поглощение больше в направлении на галактический центр и меньше к антицентру. Эти выводы были в хорошем согласии с наблюдательными результатами Стеббинса и Уйтфорда [910], основанными на фотоэлектрических величинах и цветах внегалактических туманностей.

Выяснение изменения поглощения в зависимости от галактической долготы являлось предметом исследований целого ряда авторов¹.

Как бы то не было, закономерность изменения поглощения с галактической долготой не может быть простой, благодаря тому же свойству неоднородности и сложности строения поглощающей среды. Мы видели выше, что зависимость поглощения от широты также лишь условно можно представить формулой, выражающей косеканс-закон. Что косеканс-закон является лишь грубым приближением к действительности, можно заключить и из неправильностей контуров «зоны избегания». Последние, как известно, местами вытягиваются к заметно большим галактическим широтам; в других местах, напротив, весьма близко подходят к галактическому кругу. Очень вероятно, что более подробные исследования в будущем покажут еще большие неправильности в контуре «зоны избегания». Вместе с тем, так называемый галактический слой изобилует отдельными уплотнениями, сгустками и наряду с ними и отдельными разрежениями поглощающего вещества. На эти разрежения указывает наличие так называемых «окон» в «зоне избегания»².

Ортом и Остерхофом [1736] отмечены направления около Млечного Пути (галакт. широта около 3°), где видны весьма далекие Цефеиды (свыше 15 кпс). Поглощение здесь почти в 10 раз меньше того,

¹ Низкие (минимальные) значения поглощения на галактических долготах 30° и 170° дали основание Стеббинсу [903] подозревать зависимость избирательного поглощения от долготы. Цуг [1025] счел возможным представить свои наблюдения некоторой формулой, дающей значение цветового избытка в зависимости от галактической долготы. Результаты Цуга нельзя считать надежными потому, что им исследованы долготы в узких пределах, а данные, относящиеся к ним, обобщены на весь галактический круг, не говоря уже о том, что весь материал, которым он располагал, скуден вообще. Гринштейн [482] тоже утверждал несколько раньше, что поглощение зависит от долготы, но меняется иррегулярно. Гинтинн [496] также попытался вывести формулу, связывающую межзвездное поглощение с галактической долготой. Глейсберг [461], Цуг [1025, 1026], Бекер [329] и другие получали довольно противоречивые результаты, что впрочем несудивительно, если помнить об ограниченности и неоднородности используемого ими материала. В более современных работах Альтера [275] и Камма [393] изменение поглощения с галактической долготой нашло подтверждение, хотя это изменение и не свободно и от влияния иррегулярности и поглощения. Альтер пришел к допущению неоднородного поглощения в связи с необходимостью примирить противоречия в полученном им соотношении между наблюдаемыми расстояниями галактических скоплений и галактическими долготами, при определении положения галактического центра на основе данных относительно скоплений.

² См. работы [867, 868, 870, 873, 451, 364]. Вилькепс [1005] нашел относительно свободную от поглощения область даже в направлении, близком к галактическому центру, где, вообще поглощение больше, чем в каких-либо других местах. В Лебедь, Цефес, Возничем, Стрельце, Щите и в других созвездиях, расположенных вдоль Млечного Пути, мы наблюдаем, даже среди наиболее темных облаков, места, для которых характерна большая прозрачность пространства и в которых поглощение не достигает и 1-ой зв. величины до расстояний около двух и более парсеков. Бекер [338] указал направления, где покраснение имеет место в непосредственной близости от Солнца, а с другой стороны и такие, где оно начинает быть заметным лишь после 1000 пс.

что наблюдается в других местах галактической плоскости. Но, внегалактические туманности почти не видны. Следовательно, в этом направлении поглощающее вещество концентрируется в периферийных участках Галактики¹. Это соответствует расстоянию по координате до 1400 пс. Следовательно, довольно мощная масса поглощающего вещества собрана изолированно вдали от галактической плоскости или вне «галактического слоя». Подобные случаи явствуют и из анализа нашего каталога, о чем будет изложено в должном месте.

Это свидетельствует о том, что в Галактике не имеет места непрерывное поглощение. Напротив, поглощение обусловлено отдельными (дискретными) облаками космической пыли. Б. В. Кукаркин, показав изменение общего визуального поглощения света с галактической долготой и зависимость между шириной зоны избегания и величиной общего поглощения, объяснил ее темными космическими облаками [86]. Действительно, изменение поглощения света с галактической долготой может быть вызвано различной плотностью распределения космических облаков в пространстве, а там, где плотность облаков велика, расстояние ближайших к нам облаков должно быть меньше, чем в направлениях меньшей плотности. В связи с этим, в направлениях, где плотность велика, они должны распространяться до больших галактических широт и значит должна иметь место корреляция между поглощением и шириной («разбуханием») зоны избегания.

Дискретные облака поглощающего вещества, которые не всегда обязательно велики по объему, зачастую перекрывают друг друга, так что луч зрения может встретить на своем пути несколько таких облаков. Действительно, клочковатое распространение поглощающего вещества явствует не только из сравнения данных, относящихся к различным направлениям, но и из анализа лишь одного, взятого направления, в котором луч зрения, очевидно, пересекает попеременно пространства, свободные от поглощающих масс и — занятые отдельными сгустками поглощающего вещества. М. Д. Берг, в исследовании, выполненном в Пулковской обсерватории [25], указала направление, где темная туманность образует в пространстве два облака, из которых одно имеет ближайший к нам край на расстоянии в 250 пс, а другое — в 800 пс². Именно в связи с подоб-

¹ Противоречащее этому заключению сообщение Бока и Ольмстед [371], опубликованное в виде резюме, еще не известно нам в деталях и пока трудно пытаться объяснить его.

² Кроме того, по Мюллеру и Хуфнагелью [709], луч зрения в направлении на α Лебедя пересекает толщу двух облаков, лежащих одно за другим. Первое поглощает 0.6 зв. величины в интервале от 75 парсеков до 800. Миллер [691], распространив подсчеты на звезды 17—18 зв. величины, нашел в Лебеде направления, где свет, идущий к нам от далеких звезд, проходит сквозь толщу ряда туманностей, испытывая при этом суммарное поглощение почти до 5 зв. величин. В исследованиях Бекера [338] и др. показано, что име-

ными явлениями не всегда можно наблюдать увеличение покраснения пропорционально расстоянию. В направлениях, где наблюдается избыток цвета, оно часто возрастает «скачками».

Стеббинс [906, 907, 908] также показал, что даже для звезд, заключенных между галактическими широтами $\pm 5^\circ$, имеет место значительный разброс избытков цвета и последние плохо коррелируются с расстояниями. Встречаются с одной стороны очень большие значения избытков цвета для близких звезд, а с другой—почти нормальные показатели цвета для звезд, отдаленных на 2000 парсеков. Стеббинс объясняет столь большой разброс влиянием дискретных облаков, которые распределены в пространстве так неравномерно, что даже на весьма малых галактических широтах они встречаются, в отдельных случаях, расположенными за звездами. Часто даже на таких малых площадях, как 5—10 квадратных градусов, звезды одних и тех же спектральных классов и видимых величин имеют различные показатели цвета, что можно объяснить наличием малых облаков поглощения.

Неравномерность поглощения не подлежит в общем сомнению. Но при истолковании наблюдательного материала и выводах о неравномерности поглощения (особенно, при построении и толковании кривых роста избытка цвета с расстоянием), необходимо учитывать критические замечания П. П. Паренаго [132], показавшего, что большая дисперсия значений поглощения (параметра a_0 в его теории), определенных по большому количеству данных о цветовых избытках звезд и о подсчетах внегалактических туманностей, несколько иллюзорна и обусловлена неточностью в определениях расстояний. Паренаго справедливо указал на необходимость считаться с этим обстоятельством, чтобы избежать ошибочного признания распределения поглощающего вещества более неравномерным, чем это имеет место в действительности. Однако, если располагать массовыми фотографическими определениями цветов звезд, как это имеет место, в частности, в нашем исследовании, кривые зависимости избытков цвета от расстояния можно толковать с большей уверенностью (см. главу IV).

Наряду с общей неоднородностью были сделаны указания на некоторую асимметрию в распределении поглощающего вещества во всей Галактике. По Стеббинсу [905], около центра Галактики поглощение оказалось больше на северной стороне от галактического экватора, чем на южной. О. А. Мельников [112] показал, что поглощение в Галактике больше на северной стороне не только в направлениях на центр, но также и в направлениях на антицентр Галактики. Вывод Минера

юлся случаи, когда избирательно поглощающее вещество выступает в виде дискретных облаков, толщина которых около 50 пс, а взаимное удаление друг от друга по лучу зрения—несколько сот парсеков.

5. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

[695] о преимущественном преобладании поглощения в сторону южного галактического полюса мало уверен и его нельзя считать за противоречие Мельникову. Анализ показателей цвета более 500 внегалактических туманностей дал основание М. А. Вашкидзе [38] заключить, что избирательное поглощение в направлениях на центр Галактики примерно на 0.11 зв. величины больше, чем поглощение в антицентре.

Анализ нашего каталога показателей цвета звезд также указал на асимметрию общего порядка, о чем речь будет идти ниже. Данные, которые можно толковать как асимметрию, можно встретить и в других работах [885, 774]. Б. Е. Маркарян [99, 100] исследовал этот вопрос с точки зрения распределения звезд и суммарной яркости их в направлениях галактических полюсов.

Результат Альтера [275] о приблизительном совпадении галактического центра поглощающей материи с общепринятым галактическим центром построен на рассмотрении зависимости между галактической долготой и расстоянием открытых скоплений. Этот метод и тот порядок, как он был применен, не могут считаться достаточно точными для решения вопроса об асимметрии. Впрочем, результат Альтера сам утверждает лишь приблизительное совпадение центров. На незначительном материале построен и недавний вывод Мартель [656, 657].

Выяснение вопроса об асимметрии очень важно. Хольмберг [549, 550], исследуя поглощение в спиральных туманностях, исходит из теоретической модели, в которой светящаяся и темная материя в спиральных сконцентрирована в сплюснутых сферах и имеет общую большую ось, располагаясь совершенно концентрично. Для строгих исследований подобного рода, такое допущение может оказаться произвольным. Если Хольмберг ссылается на согласие этой модели с наблюдениями, то это нельзя не отнести, хотя бы частично, за счет приближенного анализа.

С точки зрения асимметрии в распределении галактической материи весьма важно развитие и детализация работ А. А. Калиняка, В. И. Красовского и В. Б. Никонова по электронной фотометрии галактического ядра.

То, что сказано в этом параграфе относительно клочковатости и нерегулярности поглощения, касается как избирательно поглощающего вещества, так и той среды, которая вызывает общее поглощение. Кстати, даже некоторые «глобулы», когда их сфотографировали на 100-дюймовом рефлекторе, обнаружили волокнистое строение [368].

Но оказывается, что массы межзвездного газа также характеризуются нерегулярностью распространения в галактическом пространстве.

Новейшие наблюдения и исследования, проводимые в Крымской астрофизической обсерватории академиком Г. А. Шайном, с помощью интерференционных фильтров, показали, что в распределении межзвезд-

ной газовой материи, также как и пылевой, имеют место очень большие флуктуации. В ряде слабых водородных туманностей плотность атомов в несколько тысяч раз меньше, чем в наиболее ярких.

Неравномерность распространения межзвездного газа вытекает и из изучения межзвездных линий в спектре звезд. Во-первых, наблюдения показывают, что в разных направлениях относительные интенсивности межзвездных линий различны, даже после редукции наблюдений к одному расстоянию. Сопоставление расстояний, полученных из галактического вращения, с интенсивностям межзвездных линий указало на вероятную дискретность межзвездной газовой среды [938]. Во-вторых, Билс открыл несколько таких звезд, в спектрах которых контуры межзвездных линий имеют сложную структуру. Билс интерпретировал последнюю как результат относительных движений отдельных (дискретных) облаков межзвездного вещества, т. е. «клочковатость» среды содержащей межзвездный газ [312, 314]. Интересно, что Билс обнаружил расщепление межзвездных линий и в спектре звезды ρ Льва, расположенной на большой галактической широте: $+54^\circ$. Правда, наличие в межзвездном газе турбулентных движений, открытых позже, делает затруднительным выделение — по контурам межзвездных линий, — движений, относящихся к независимым облакам, но тем не менее в интерпретации Билса можно не сомневаться, тем более, если мы будем иметь в виду указанные выше различия в относительных интенсивностях межзвездных линий для звезд, находящихся в различных направлениях. Адамс [262, 263, 264, 265, 266] также находил неоднократно сложные профили у межзвездных линий Н и К. Не однородное, а «пооблачное» распространение межзвездного газа следует и из других работ [929, 895, 898].

Размеры облаков различны: от очень малых до покрывающих области во много кв. градусов. Число облаков велико: по 4—5 на пути луча, идущего от относительно близкой звезды на низких широтах. Способность производить линии или полосы у облаков различна. Имеется очень мало примеров того, когда облако показывает все или почти все известные межзвездные линии. С другой стороны, есть немало случаев, когда облака, дающие интенсивные линии Н и К, оказываются неспособными вызвать молекулярные линии.

Бааде и Минковским обнаружено, что все звезды в созвездии Ориона, в области Трапеции неправильные переменные и крайне любопытно, что эта переменность приписывается действию туманности: отдельные сгустки туманности, размеры которых должны быть порядка одной или нескольких астрономических единиц, а средняя плотность — около 10^{-18} гр/см³, проходят, пересекая лучи зрения на звезды и вызывают неправильные ослабления их блеска.

Впрочем, это воззрение подвергнуто убедительной критике со стороны П. П. Паренато [140]. Правда, он установил, что переменные звезды типа туманности Ориона находятся в физической связи с туманностью, но, вместе с тем, дал несколько независимых друг от друга доказательств несостоятельности взгляда на то, что изменение блеска данных переменных вызвано загораживанием их света веществом туманности (доказательства основаны на противоречии с закономерностью межзвездного пространственного поглощения, и на невероятно больших изменениях плотности туманности).

Таким образом, многие и разнообразные исследования делают очевидным тот факт, что поглощающее вещество — состоит ли оно из частиц, вызывающих общее или избирательное поглощение или из газа — распространено в Галактике неоднородно и неравномерно. Неравномерность распределения пыли или газа в межзвездной среде и различные движения в них (турбулентные движения не являются исключением, а — общим свойством) могли возникнуть хотя бы от того, что на различных расстояниях от центра частички среды подвержены дифференциальному галактическому вращению, обладая различными угловыми скоростями. Очевидно, этой неравномерностью и обусловлена главная причина и того, что разные исследования дают разные значения оптической и геометрической толщины галактического поглощающего слоя, как мы это увидели выше. Естественно, что это обстоятельство значительно усложняет задачу изучения космического поглощения и делает необходимым вести это изучение, по возможности, во многих индивидуальных направлениях.

Если рассматривать одновременно общее и избирательное поглощение, а также и поглощение, вызываемое межзвездным газом, то обнаружится, что они не во всех случаях проявляются одинаково. Имются примеры, когда в каком-либо данном направлении обнаруживается эффект лишь двух или одного из них, или одно из них выражено больше, чем другое. Простое сравнение данных таблиц I и II, содержащих коэффициенты общего и избирательного поглощения, для ряда общих областей, показывает, что величина избирательного поглощения колеблется в пределах от 10 до 40 процентов от общего поглощения. Это и понятно, т. к. каждый из трех видов поглощения производится материальной средой различного характера: пылевыми частицами «крупных» и «мелких» размеров и газом, и не всегда, в произвольном участке пространства, имеет место равномерное смешение всех этих трех видов космического вещества. А их смешение могло, конечно, вызвать все три вида поглощения одновременно.

Рассматривая, прежде всего, связь между общим поглощением и избирательным, можно задать простой вопрос: в какой мере связано избирательное поглощение с темными облаками, дающими заметный эффект общего поглощения?

Мы уже знаем, что этот вопрос решен исследованиями Б. В. Кукаркина, причем решен на широкой, идейно-четкой основе. Однако много кропотливых работ было посвящено исследованию этой проблемы путем изучения отдельных, разрозненных данных, относящихся к разным объектам. Например, О. Струве [931] анализировал избытки цвета ряда ранних звезд по несовершенным данным Боттлингера [377] и потому не мог пойти дальше некоторых предположений. То же самое было с Анджер [282], которая могла лишь констатировать частные совпадения больших величин цветовых избытков с теми направлениями, в которых фотографиями Барнарда и Бэйли были фиксированы темные облака. Глейсберг [461] неоднократно брался за решение данной задачи, привлекая для исследования данные Трэмплера об открытых скоплениях [968], и Бекера [328] и Граффа [468] о цветовых избытках. В последнем случае цветовые избытки сопоставлялись с разностями между логарифмами тригонометрических и спектральных параллаксов, принимая эти разности за меру общего поглощения. Шален [800] показал корреляцию между покраснением звезд и темными областями Млечного Пути и иллюстрировал ее следующей таблицей¹:

			Фотогр. погл.		Изб. погл.	
Темное облако в	Возничем		1.9 зв. вел.	0.21 зв. вел.		
"	"	" Лебедь	1.5 "	0.2 "	"	"
"	"	" Цефея	0.4 "	0.03 "	"	"
"	"	" "	0.9 "	0.07 "	"	"

Важны были результаты Стеббинса, обнаружившего, что окрашенные шаровые кучи следуют контурам «зоны избегания», [909] и что в тех участках неба, где внегалактические туманности скрыты поглощением, покраснение превышает, по крайней мере, 0.2 зв. величины [910]. С другой стороны, как показал О. А. Мельников [111, 114], малые цветовые избытки в зоне избегания оказались связанными с местами повышенного числа внегалактических туманностей, т. е. пониженного общего поглощения. Итак, мы имеем достаточно свидетельства в пользу существования связи между общим и избирательным поглощением. Однако, немало приводилось и таких примеров, из которых явствовало отсутствие подобной связи². Но надо помнить, что при попытках установления

¹ См. также работы [448, 281, 841].

² Стеббинс также приходил к противоречивым результатам. На основании анализа фотоэлектрических цветов звезд типа В, например, он пришел к выводу, что звезды с большими избытками цвета одинаково часто встречаются как в богатых звездами областях, так и в бедных, обнаружив значительное покраснение и в светлых областях Млечного Пути, где не наблюдается непосредственных следов поглощения [901, 905]. Бекер также нашел, что области большого избирательного поглощения в одних случаях характеризуются дефицитом, а в других — большой плотностью звезд. В частности он должен был приз-

корреляции между избирательным поглощением и областями обскурации совершенно необходимо учитывать расстояния, как это убедительно было показано Б. В. Кукаркиным на примере парадокса Шайна.

Именно пренебрежением эффектом расстояния вызван ошибочный результат, например, Вольфа [1019], утверждавший, что в темной туманности NGC 6960 общее поглощение в 1 зв. величину не сопровождается покраснением звезд.

Но, если покраснение звезд действительно наблюдается даже в таких областях, которые богаты звездами и в них нет непосредственно видимых признаков потемнения, то это дает основание считать, что избирательное поглощение существует и вне темных областей. Однако, нельзя считать это правилом, ибо наряду с последними, имеются и такие случаи, когда богатые звездами области не имеют признаков покраснения. Случаи, когда покраснение отсутствует в областях, где налицо явная обскурация, могут быть объяснены в некоторых случаях тем, что звезды находятся к нам ближе, чем поглощающее облако и они лишь проектируются на последнее. Но, в таких случаях мы должны иметь дело с относительно близкими звездами. Для далеких же звезд, возможно, поглощение столь велико, что их просто не видно¹. Впрочем, даже полное отсутствие избирательного поглощения не может означать отсутствия поглощения вообще, т. к., если луч света испытывает в данном направлении фотографическое и визуальное поглощение в одинаковой мере, тогда, понятно, дифференциальное поглощение места не имеет.

Вообще же надо признать, что поглощающее облако, если сквозь него проходит свет звезды, в самом общем случае должно вызывать, одновременно, как общее, так и избирательное поглощения, т. к. последние вызываются частицами космического вещества различных размеров и трудно представить, что в космических облаках имеет место такая резкая дифференциация их по признаку размеров частиц. Скорее всего, скопле-

нать, что звезды в наиболее темных местах Угольного Мешка не краснее, чем те, которые расположены вне этих мест [332]. Ведь и Хаббл считал, что потемнение не обязательно сопровождается избирательным поглощением. Бок указывал на звезды нормальных цветов в некоторых частях южного Млечного Пути, где общее поглощение было оценено в 0.8 зв. величины [363]. Имеются и другие подобные примеры ([340, 95, 962, 863, 365] и др.). Сэйферт, в работе по определению красных индексов 104 внегалактических туманностей [860], не нашел корреляции между числом последних и их красными показателями и заключил на этой основе, что поглощение, указываемое дефицитом слабых галактик, в большинстве случаев — неизбирательного характера. (См. также исследования Бока с сотрудниками области Единорога [374, 376] и менее важную работу Граффа в области Щита — Стрельца [476]).

¹ Так объяснил О'Кифи [729] отсутствие красных звезд в некоторых очень темных туманностях. Так, в частности можно объяснить и противоречивый результат Хайта и его сотрудников [567], основанный на исследовании ярких звезд и утверждающий незначительное избирательное поглощение в облаке Тельца.

ния поглощающего вещества в виде облаков космической пыли содержат в себе смесь частиц различных размеров и потому они вызывают, одновременно, общее и избирательное поглощение.

Но, интересно выяснить, какова связь между поглощающей средой пылевых частиц и межзвездным газом. Это может помочь нам полнее уяснить вопросы распространения в Галактике поглощающего вещества вообще.

Сопоставляя цветовые избытки звезд с интенсивностью межзвездных линий в спектрах звезд, легко выяснить в какой мере связаны между собой «окрашивающая» среда, состоящая из пылеобразного вещества, и поглощающее вещество, находящееся в атомарном состоянии. Попытки обнаружить корреляцию между интенсивностью линий и цветами звезд были предприняты уже давно и повторялись неоднократно. Имеются исследования, результаты которых как будто отрицают сосуществование избирательно поглощающего вещества с межзвездным газом и, в первую очередь, — с кальциевыми облаками¹. Но наряду с этим, другие исследования, напротив, приводили данные в пользу этого сосуществования². Таким образом, результаты исследования этого вопроса довольно противоречивы. Даже одни и те же авторы получали в одних случаях положительную корреляцию, в других — отрицательную³. Это

¹ Исследования, основанные на фотоэлектрических показателях цвета ранних звезд или спектрофотометрических определениях, которые впрочем характеризуются скудным исходным материалом [333, 448, 50]. Ряд других работ также показывает слабую корреляцию между пылью и атомами. По Гринштейну и Струве [495] вполне совмещаются высокие значения избытков цвета и малые интенсивности межзвездной К-линии: у звезды HD 147889 избыток цвета достигает 0.5 зв. величины в то время, как межзвездная линия К исключительно слаба. (См. также [704] и [451]). Возможно, что это физический эффект «насыщения», но вопрос не исследован до конца.

² Работы, исследующие корреляцию между цветовыми избытками звезд и интенсивностью кальциевых линий [930, 931, 408, 481, 682, 789, 1008, 993]. Впрочем, обе последние работы, принадлежащие Санфорду и Вильсону, мало убедительны из-за весьма значительного рассеяния точек на графиках зависимости. Позднее была обнаружена тесная корреляция между интенсивностью вновь открытой межзвездной линии λ 6284 и показателями цвета [683, 1014]. В работе [683] приведена зависимость между интенсивностями Д-линии и избытками цвета, но и в данном случае дисперсия велика. Затем Морган [705] сообщил о тесной корреляции между интенсивностью межзвездной линии λ 4430 и межзвездным покраснением. Между прочим, эта работа интересна тем, что автор дает в ней возможное объяснение отсутствию в ряде случаев межзвездной линии λ 4430, называя причиной изменение физических условий в межзвездном газе под влиянием излучения весьма горячих звезд. В недавней работе Гринштейна и Аллер [491] сделано указание на хорошую корреляцию эквивалентной ширины межзвездной линии λ 4430 не только с межзвездным покраснением, но и с межзвездной поляризацией.

³ Например, Стеббинс и его сотрудники [901, 905, 910], Струве [934], Бекер [327, 333] и др.

объясняется прежде всего разнородностью используемого материала. Особенной неоднородностью отличался материал первых исследователей¹.

Противоречивость результатов следует объяснить, во-вторых, и тем, что, очевидно, межзвездное газовое вещество и рассеивающее вещество твердых частиц, вообще, не обязательно распространены одновременно строго в одном и том же объеме пространства (не коэкстенсивны). В одних случаях лишь одно из них встречается на пути луча в данном направлении, в большинстве же, вероятно, — оба, причем они могут находиться в разной пропорции и разно распределенными вдоль луча². Если правильны цитированные в одной из последних сносках высказывания Моргана о влиянии излучения весьма горячих звезд на способность межзвездного газа к поглощению, то задача связи между покраснением и интенсивностью межзвездных линий становится еще более сложной. В одном отношении, повидимому, несколько отличаются друг от друга в распределении в галактическом пространстве межзвездная пыль и межзвездный газ. Первая имеет большую тенденцию концентрироваться около галактической плоскости. Это видно из того, что избытки цвета вызывают общий рост с уменьшением галактической широты, интенсивности же межзвездных линий — нет [732]. Большое распространение газа далеко в обе стороны от галактической плоскости следует из ряда других работ [789, 733], хотя Ван-Райн [769] отвергает предположение о том, что газ менее резко концентрируется вокруг плоскости Млечного Пути.

Нельзя считать, что связь между интенсивностью межзвездных линий и покраснением однозначна, хотя связь между интенсивностью межзвездных линий и расстоянием выражена хорошо. На это указывали Струве [933, 935], определявший расстояния до звезд по интенсивности кальциевых линий, и Пласскетт и Пирс [754]. Последнее исследование, содержащее большой обзор проблемы, важно еще потому, что оно обнаружило, вместе с тем, эффект галактического вращения на межзвездные линии и интересно, что количественно этот эффект оказался равным половине эффекта, обнаруживаемого звездными линиями спектра. Это понятно, если иметь в виду, что

¹ Например, Вестгейт использовала для цитируемого выше исследования фотоэлектрические определения избытков цвета 55 звезд типа В. Ботлингера [377], 71 звезду Эльви [447] и 38 звезд Эльви и Мелина [448]. При этом она пользовалась еще неопубликованными тогда интенсивностями Струве. Кстати отметить, большинство работ базировалось на интенсивностях межзвездных линий, полученных глазомерными оценками, другие — на интенсивностях, полученных путем детальной фотометрии линий [312, 1008]. Эти две последние работы Билса и Вильямса, хотя содержат мало звезд, все же очень тщательно выполнены и в основу их положены надежные наблюдения. Материалом служили как снимки спектров с объективной призмой, так и снимки, полученные со щелевым спектрографом Пласскетом и Пирс [754].

² Однако мысль Меррилла [679], что межзвездные линии возможно образуются в относительно тонких «занавесах», нам не представляется обоснованной и достаточно подкрепленной наблюдательными данными.

суммарное поглощение на отрезке пути от звезды до наблюдателя в среднем соответствует поглощению, как бы сосредоточенному в серединной точке этого отрезка. Между прочим, именно это обстоятельство послужило основанием Эддингтону [446] склониться к мнению о равномерном распространении поглощающего вещества в галактическом пространстве. Но, надо помнить, что приведенный результат является лишь грубым осреднением и строгое исследование вопроса может несколько изменить его.

Наличие связи между интенсивностью межзвездных линий и расстоянием находило неоднократные подтверждения в работах, основанных на более точных спектрофотометрических измерениях, заменивших глазомерные оценки интенсивностей линий [310, 311, 312, 313, 1008, 682, 789 и др.]. Из новых работ следует отметить работу Эванса [451], посвященную исследованию интенсивностей межзвездных линий и расстояний до звезд класса В. Эванс представил формулой зависимость интенсивности линий D и K от расстояния. По этим формулам, выражающим увеличение расстояния пропорционально интенсивности, расстояния до звезд O и B оцениваются со средней ошибкой индивидуального определения до 20%-ов. Были сделаны оценки расстояний до трех десятков открытых скоплений на основе убеждения, что эквивалентные ширины межзвездных линий служат хорошим критерием расстояния [792]. По Ван-Райну [769] средняя ошибка логарифма расстояния, определенного по эквивалентным ширинам межзвездных линий достигает ± 0.13 .

Надо, однако, думать, что изменения эквивалентной ширины с расстоянием зависят еще от избытка цвета и от галактических широт и долгот. Это обстоятельство должно искажать оценки расстояний до индивидуальных звезд, делаемые по интенсивностям межзвездных линий.

Имело бы смысл изучение зависимости интенсивности межзвездных линий от расстояния для разных широт. Это могло бы подвести нас ближе к решению вопроса о градиенте плотности межзвездного газа в Галактике. Большая галактическая концентрация ранних звезд, к сожалению, очень затрудняет проведение такого исследования.

В своей работе [769], Ван-Райн подверг критике разные оценки интенсивностей линий (в том числе и те, что даны в цитированной работе Пласскетта и Пирса) и их применение для определения расстоя-

¹ Наряду с перечисленными работами необходимо иметь в виду еще весьма обстоятельное исследование Меррилла, Санфорда и других [682]. Оно содержит каталог 400 звезд. В него входят классические измерения интенсивностей и смещений линий межзвездного газа, по наблюдениям Струве [930, 932, 933] и Пласскетта и Пирса [754]. Эквивалентные ширины даны для межзвездных линий K , D_1 , D_2 и др.

Данные каталога [682] дискутировались неоднократно [1014, 675, 681, 1012]. В работах [973, 445] разработаны основы для физической интерпретации наблюдательных данных о характеристике межзвездных линий.

ний и, установив, что линии **К** и **Д** наиболее подходят в качестве критериев расстояния, калибровал их эквивалентные ширины с расстоянием. В этой же работе приводятся выводы в пользу того, что концентрация межзвездного газа вокруг галактического экватора примерно такова же, как и концентрация межзвездной пылевой среды. Однако, именно отсутствие достаточного количества подходящих звезд вдали от галактического круга, ослабляет эти выводы.

Резюмируя все изложенное, мы приходим к заключению, что надо считаться со следующим. Хотя имеется много противоречивых результатов, тем не менее корреляцию следует признать, хотя бы в той мере, из какой вытекает преимущественное сосуществование твердых частиц и газа. Не следует удивляться частым нарушениям корреляции, ибо, не говоря о вполне вероятных морфологических неравномерностях в пространственном распределении¹, есть ряд чисто физических факторов, нарушающих корреляцию. Таковы, к примеру, водородная ионизация, которая может повести к усилению межзвездных линий поглощения [929], влияние пространственного распределения горячих звезд, в результате чего возникают местные изменения в ионизирующих источниках, или эффект «насыщения», когда с дальнейшим увеличением числа атомов эквивалентная ширина линии не меняется или можно считать, что интенсивность межзвездных линий не пропорциональна числу атомов в облаке [1014] и др. В связи с этим последним обстоятельством О. А. Мельников [113]² справедливо обращает внимание на тот факт, что эквивалентные ширины линий D_2 и D_1 , относящиеся к довольно редкому для межзвездного пространства элементу — натрию, почти равны ширинам линии **К**, обусловленной более обильным Ca II . (См. также [114]). Но,

¹ Представляются сомнительными выводы Эванса [451] и Шилта [821] о равномерном распределении газа. Иррегулярные движения в газе, отдельные «местные» течения, отмеченные Билсом [312] и другими [1014, 682], сложные профили межзвездных линий, констатированные Адамсом [262, 263, 265] и другие результаты подробных исследований показывают, что лишь в самом грубом приближении можно считать, что межзвездные атомы статистически равномерно распространены. Интересно заметить, что Билс обнаружил расщепленные межзвездные линии в спектре звезды Льва, галактическая широта которой около 54° . Следовательно, газовые облака не сосредоточены исключительно около галактической плоскости, хотя сильную концентрацию их к плоскости Млечного Пути необходимо признать.

² Эта работа Мельникова интересна и в том отношении, что в ней автор дана критика результатов Меррилла и Санфорда [681] о зависимости эквивалентной ширины линии от числа атомов. При этом автор нашел эту зависимость, предприняв совершенно новое независимое построение кривой и исходя из допущений о составе межзвездной газовой среды из отдельных облаков небольших размеров и разбросанных в пространстве довольно равномерно. Первое из этих допущений находится в согласии с современным представлением о характере распространения межзвездного поглощающего вещества, вообще. Второе можно считать приемлемым, во всяком случае, в пределах небольших расстояний: от Солнца — около 1—2 кпс.

расширение линии может быть вызвано, наконец, и пекулиарными скоростями в газовых облаках.

Вообще же пыль и газ, должно быть, перемешаны. М. А. Вашакидзе [38], исследовав поляризацию излучения в ряде диффузных туманностей, нашел для некоторых из них большой процент поляризованного света (до 14%) и показал, следовательно, факт смешения газовых и пылевых частиц. Хенней [530, 531], Вальтер [1985], Рейнольдс [765], Смит [886], также указывали на поляризацию до 11—12%. (См. также [685, 726]). Нет сомнения, что диффузные туманности содержат газ и пыль¹. Однако, они дают газовый спектр, когда их освещают горячие звезды О—В. Но, еще показательнее то, что многие туманности дают одновременно непрерывный и эмиссионный спектры. Но, что газ и пыль не обязательно должны быть равномерно перемешанными между собой следует и из наглядного примера, описанного Струве [1939]: в туманности в Скорпионе область отражения и область эмиссии не совпадают между собой.

С точки зрения данной проблемы весьма большое значение имеют открытия и исследования Г. А. Шайна и В. Ф. Газе [228]. Они заставляют признать, что газовые и пылевые туманности не идентичны, как это считалось до сих пор. Но, при этом, они эволюционно связаны друг с другом.

Имея в виду несомненную иррегулярность в пространственном распространении, интенсивность межзвездных линий нельзя рассматривать как удовлетворительный критерий расстояний до звезд. Если бы даже плотность межзвездного газа менялась закономерно в зависимости от удаления от плоскости Млечного Пути, то в вычисления расстояний до звезд больших галактических широт по интенсивностям межзвездных линий приходилось бы вносить значительные поправки, имея в виду, что интенсивности калиброваны по данным, относящимся к звездам низких галактических широт.

Итак, газ и пыль должны сосуществовать, будучи перемешаны в той или иной пропорции. В таком случае должно иметь место какое-то взаимоотношение между ними: одновременные столкновения, испарение и т. п. [735]. Более того, — сосуществование это возбуждает мысли о наличии некоторого процесса преобразования одного вида материи в другой. В таком случае может быть понято и различие пропорций газа и пыли в разных облаках. Данная пропорция может быть связана с соответствующей эволюционной ступенью облака. Но если это так, то должны встречаться и такие облака, которые состоят либо только из газа, либо только из пыли. Судя по наблюдениям, чисто газовых и чисто пылевых туманностей

¹ Наличие эмиссионных краев у ряда темных облаков тоже служит указанием сосуществования пыли и газа [734].

не должно быть много. И те, которые встречаются, могут обнаружить свой сложный состав при применении более мощных средств наблюдения. Но если это так, уместно поставить вопрос — не имеет ли место взаимное развитие пылевых частичек из газовых и последних из пылевых. Газ может конденсироваться в пылевые частички, но последние могут дать начало в процессе испарения, например, газу. Такой взаимный процесс хорошо вяжется с представлением о круговороте материи. И мы можем вспомнить, что аналоги этого процесса весьма вероятны в макроскопическом мире: звезды возможно, конденсируются из диффузного вещества, но сами же питают межзвездную среду изверженной материей.

Отсюда же следует, что межзвездную пыль и межзвездный газ следует изучать и трактовать не в отрыве друг от друга, а — вместе, в их взаимоотношении, при свете всеобщей взаимосвязи явлений. До сих пор, они представляли собой — особенно в исследованиях зарубежных астрономов — две разные и независимые области исследования.

§ 8. Отношение общего фотографического поглощения к избытку цвета.

Характер зависимости поглощения от длины волны

Известно, что задача определения общего поглощения довольно трудна. Она требует для решения применения абсолютных методов. В этом ее принципиальная трудность.

Вместе с тем, в большинстве случаев, определения полного фотографического поглощения отягощены селекцией материала, неизбежно вводимой за счет заведомо прозрачных участков, где обычно ведутся наблюдения для подобных определений, т. е. делается вынужденная выборка весьма удаленных объектов. Задача осложняется еще тем обстоятельством, что ее решение, в большинстве случаев и в значительной степени, зависит от наличия большого количества данных фотометрических и геометрических расстояний. Избирательное же поглощение, влияющее на кривую спектральной интенсивности, определяется дифференциальными методами и представляет собой проще разрешимую задачу. Знание расстояний в данном случае не необходимо. Оно нужно лишь для приведения поглощения к единице расстояния.

Наряду с этим, при применении метода цветных избытков, наблюдения охватывают относительно близкие звезды и мы гарантированы от селекции материала, подобной той, что имеет место при определениях общего фотографического поглощения. Правда, необходимость комбинирования данных о цветах со спектральными данными, все же лимитирует применение этих методов, т. к. спектральные данные в массовом порядке получаются не так легко, но тем не менее задача принципиально более простая и доступная.

Если была бы известна величина отношения общего поглощения к избирательному, то определяя сравнительно легко последнее, можно было бы просто вычислить и первое. Другой вопрос, — насколько это отношение может быть постоянным и не меняющимся в зависимости от направления и расстояния. Конечно, иррегулярность поглощения мы должны допустить и в этом смысле. Но если можно было бы принять, что в космическом облаке относительная пропорция частиц, экранирующих свет, и частиц, рассеивающих свет, одинакова во всех случаях и для всех направлений, тогда оценив избирательное поглощение в любом направлении, можно было бы вычислить и общее, пользуясь раз определенной величиной отношения или множителем, приводящим величину избирательного поглощения к величине общего поглощения. Отсюда вытекают значение и важность определения указанного отношения.

Пусть $A(\lambda)$ означает поглощение света в галактическом пространстве, выраженное в звездных величинах и соответствующее длине волны

. Если иметь дело с излучениями в двух длинах волны — фотографической и фотовизуальной: λ_f и λ_{fv} , то $A(\lambda_f) - A(\lambda_{fv})$ будет означать избыток цвета: ИЦ. Для последнего можем написать:

$$\text{ИЦ}(\lambda_f, \lambda_{fv}) = \text{ПЦ}(\lambda_f, \lambda_{fv}) - \text{ПЦ}_n(\lambda_f, \lambda_{fv}),$$

где ПЦ означает показатель цвета в системе лучей λ_f и λ_{fv} , а ПЦ_n — нормальный, не отягощенный межзвездным поглощением и соответствующий данному спектральному классу показатель цвета.

Для нормального показателя цвета можно написать:

$$\text{ПЦ}_n(\lambda_f, \lambda_{fv}) = M(\lambda_f) - M(\lambda_{fv}),$$

где $M(\lambda)$ — абсолютная звездная величина в системе данной в то время как, для наблюдаемого показателя цвета напишется:

$$\text{ПЦ}(\lambda_f, \lambda_{fv}) = m(\lambda_f) - m(\lambda_{fv}).$$

Здесь $m(\lambda)$ — видимая звездная величина.

Следовательно, решив два последних уравнения, мы можем решить и первое уравнение, т. е. вычислить избыток цвета. Эта задача не трудная, т. к. все нужные величины относительно легко доступны определению из наблюдений.

Но как определять $A(\lambda)$? Последняя величина входит в важную формулу:

$$m(\lambda) - M(\lambda) - 5 \log r = A(\lambda) - 5,$$

из которой она определяется как разность фотометрического и геометрического расстояний. Но пользоваться этой формулой для определения $A(\lambda)$ весьма затруднительно, т. к. во-первых, необходимы независимые определения расстояния r , что отнюдь не является легкой задачей и, во-вторых, задача определения $M(\lambda)$ по спектральной классификации не решается однозначно и вообще тоже трудна.

Поэтому весьма важно уметь определять $A(\lambda)$ по соотношению:

$$A(\lambda) = \gamma(\text{ИЦ}),$$

т. е. — уметь вычислять множитель, переводящий легко определяемый избыток цвета в общее поглощение.

Отношение общего фотографического поглощения к избирательному можно вывести, если знать закон избирательного поглощения. Обычно исходят из считаемого наиболее приемлемым закона обратной пропорциональности первой степени длины волны. Тогда отношение общего фотографического поглощения к избытку цвета, т. е.

$$\frac{A(\lambda_{\phi})}{\text{ИЦ}} \text{ равно } \frac{A(\lambda_{\phi})}{A(\lambda_{\phi}) - A(\lambda_{\phi\text{в}})} \text{ или } \frac{\lambda_{\phi}^{-1}}{\lambda_{\phi}^{-1} - \lambda_{\phi\text{в}}^{-1}}$$

Подставляя сюда значения эффективных длин воли, соответствующих данным наблюдениям, можно получить численную величину этого отношения. Это теоретический путь определения отношения.

Но вычисленное таким путем отношение приводит нас, по существу, лишь к нижнему пределу величины общего поглощения, т. к. здесь не учитывается нейтральная составляющая поглощения (см. П. П. Паренного, [135], стр. 98, 99). Это обстоятельство часто пренебрегалось. О. А. Мельников один из немногих, кто обратил должное внимание на него [114]. Однако, М. А. Вашакидзе [40] пошел еще дальше. Он сумел, путем ряда независимых, опытных (из наблюдательного материала) определений фактора и сопоставления двух значений общего поглощения: $A = \gamma(\text{набл.}) \times \text{ИЦ}$ и $A = \gamma(\text{теорет.}) \times \text{ИЦ}$, количественно оценить нейтральное поглощение и установить, что последнее является довольно ощутимой величиной, которой нельзя пренебрегать. Вашакидзе оценил нейтральное поглощение в трех случаях. В первом он вычислил общее поглощение по формуле Н. Ф. Флоря [196] и, вместе с тем, по данным Стеббинса о фотоэлектрических избытках цвета шаровых скоплениях — по формуле $\gamma(\text{теорет.}) \times \text{ИЦ}$. Во втором и третьем случаях общее поглощение по формуле Флоря (т. е. поглощение, включающее в себя и неселективную часть) он сопоставил с определениями поглощения по цветовым избыткам звезд типа В (Стеббинса) и слабых звезд в Площадках Каптейна, пользуясь нашим каталогом.

В результате М. А. Вашакидзе получил значение среднего коэффициента нейтрального поглощения, которое оказалось 0.3 зв. величины. При этом получены веские указания на неравномерность распределения нейтрально поглощающей массы космического вещества: встречаются направления, где нейтральное поглощение превосходит 0.5 зв. величины на 1 кпс и, наряду с этим и такие, где оно около нуля. Следовательно, нельзя соглашаться с недавним утверждением Дюфея [427].

что неселективным поглощением якобы можно вовсе пренебречь также, как и рассеянными свободными электронами.

Обращает на себя внимание неравномерность пространственного распределения. Это свойство оказывается универсальным, т. е. им обладают все известные виды космической межзвездной материи.

Попытка, в дальнейшем, определить массу галактического вещества, которое представлено в этом новом («нейтральном»), еще не изученном виде, может дать несомненно интересные результаты.

С другой стороны, становится ясной важность расширения определений фактора γ из наблюдений. Поскольку исследования А. Н. Дейча, как уже отмечалось, показали, что собственные движения дают надежный независимый метод оценок общего межзвездного поглощения, дальнейшее использование собственных движений весьма важно и для данной цели. Последней смогут эффективно служить и одновременные подсчеты внегалактических туманностей и измерения избытков цвета звезд в одних и тех же направлениях.

О. А. Мельников [109, 114], получил для случая фотографического поглощения 4,6 и для визуального — 3,6, в качестве нижних пределов истинных значений.

Многосторонне и с большой полнотой исследовал данный вопрос Н. Ф. Флоря [196], применивший несколько независимых и новых способов для определения отношения непосредственно из эмпирических данных. При этом, он не нуждался в учете вида зависимости поглощения света от длины волны. На самом же деле теоретически определяемое отношение может менять свое значение в зависимости от того, какой закон поглощения берется за основу. Он очень строго подошел к выбору материала для вычислений в том смысле, что учел необходимость приведения к одному расстоянию объектов, по которым оценены общее и избирательное поглощение. Флоря выполнил около двух десятков определений и нашел, что

$$\gamma = \frac{A(\lambda_{\phi})}{\text{ИЦ}} = 5.07,$$

со средней ошибкой около 4%.

Значения γ и до сих пор выводились зачастую из наблюдений, но последние не ставились специально для этой цели и носили в большинстве случаев случайный характер. Тем не менее, мы упомянем некоторые из них.

Гринштейн [485], например, определил общее поглощение по подсчетам звезд, а показатели цвета в тех же направлениях вычислил по спектрофотометрическим градиентам «окрашенных» звезд и получил для

фактора значение около 4 и 6-ти в интернациональной шкале¹. Электрофотометрические определения и другие данные позволили Оорту [732] оценить нижний предел этого отношения равным 5.5. При этом, Оорт делал несколько оценок, комбинируя разными способами данные об избирательном и общем поглощении. Не все из этих оценок одинаково надежны, т. к. они исходят из разных, неодинаково равноправных допущений. Например, вычисления по одному из способов он основывает на допущении, что ранние звезды типа О-В имеют одинаковые абсолютные величины, как на низких, так и на высоких широтах, что не может считаться вполне правильным. Интересен способ Оорта, основанный на рассмотрении разностей в цветах отражающих туманностей и освещающих их звезд.²

Однако, к результату вычислений Оортом этим способом не приходится относиться с полным доверием, т. к. Оорт основывал вычисления на рэлеевской теории рассеяния, неприемлемой с точки зрения внешних данных. Сейферт и Поппер [863], исследовавшие величины, цвета, спектры и радиальные скорости 118 звезд типа В между 9-ой и 13-ой зв. величинами, пришли к значению 3.23. Эта работа выполнена довольно тщательно³. Общее поглощение в ней определялось на основании наблюдаемого увеличения с расстоянием разности между видимым модулем расстояний и истинным расстоянием, выведенным из анализа лучевых скоростей на основе теории галактического вращения.

На основе исследования шаровых куч Стеббинс и его коллеги пришли к выводу, что избирательное поглощение от полюса до полюса Галактики равно 0.13 зв. величины в интернациональной шкале показателей цвета и, сравнив это значение с оценками оптической толщины в фотографических лучах Ван-де-Кампа [585], Хаббла [560] и Шэпли [866], основанными на подсчетах внегалактических туманностей (от 0.5 до 0.8 зв. величины), получили для отношения значения от 3.8 до 5.9. В более поздней работе Стеббинс [905] получил исправленное значение: 6. Последнее подтверждается и его новейшей работой, основанной на фотоэлектрических измерениях звезд в широких пределах

¹ Холл [518], также прибегал к этому способу, исследовав спектрофотометрические градиенты в более красной части спектра, чем это было у Гришתיа.

² Эту идею впервые использовали еще раньше Струве, Эльви и Кинан [951] для Плеяд и Колинс [409]—для других туманностей. Но, вычисления Оорта, привлечшего большой материал, в том числе и данные Струве, Эльви и Рос [953] и Кинан [597] отличаются большей полнотой.

³ Близко к этому числу значение Аллера и Трэмплера [268, 970]. (См. также определения Хольмберга [548]).

спектра с помощью нового электрофотометра [912]¹. Доверия заслуживает результат Сирса и Джойнера [851] в одной из последних их работ, посвященной определению эффективных длин волн стандартных величин интернациональной цветовой системы, по которому отношение равно 5.0.

В этой важной работе отношения полного фотографического поглощения к избытку цвета вычислены для разных температур.²

Разброс в получаемых значениях отношения довольно велик. Частично его надо приписать тому обстоятельству, что наблюдения разных авторов относятся к разным системам длин волн. Последние же имеют прямое влияние на результаты вычислений. Однако, даже после редукции к интернациональной системе, в этих значениях остается заметный разброс. Комбинируя имеющиеся к настоящему времени данные, можно признать наиболее приемлемым значением нижнего предела отношения общего фотографического поглощения к избирательному поглощению среднее число около 5-ти. Однако необходимо считаться с вероятностью непостоянства этого отношения. Достаточно вспомнить случаи, когда в некоторых направлениях большому общему поглощению соответствует малое избирательное или наоборот. Вполне возможно, что пропорция неизбирательно и избирательно поглощающих частиц, составляющих межзвездное вещество, в отдельных случаях заметно отклоняется от средней. А если это так, тогда определение поглощения на основе цветовых определений и задача исправления расстояний становятся еще более сложными.

Присущая галактической поглощающей среде иррегулярность и неоднородность допускают, чтобы пылевые частицы разных диаметров, обуславливающие общее и избирательное поглощение, не всюду были одинаково перемешаны между собой. А если это так, тогда заведомо нельзя

¹ В последнее время Гринштейн и Хэнией [494] получили значение 8, применив развитый ими новый способ определения рассматриваемого отношения. Хотя они приводят малую вероятную ошибку (0.4), но это надо понимать, как внутреннюю сходимость при вычислениях их методом. На самом деле может иметь место значительная систематическая ошибка, поскольку их определения основаны на некоторых произвольных допущениях.

² Известен ряд других определений отношений, основанных на наблюдениях избытков цвета, градиентов, внегалактических туманностей и других наблюдательных данных или на теоретических вычислениях [571, 658, 800, 802, 843, 451, 270, 882, 95, 25, 709, 921, 692, 565]. Они базируются на разнородном материале, многие из них относятся к отдельным небольшим участкам неба, подкреплены небольшим материалом, и все они дают значения от 2-х до 8-ми. При этом, как правило, в областях явного потемнения (обскурации) или в темных облаках, это отношение достигает наибольших значений. Возможно, что это — влияние присутствия в них неселективно поглощающего вещества. Недавно, Мак-Лалэн [671] предложил для отношения фотографического поглощения к избытку цвета значение 3.7, к которому он пришел на основе изучения зависимости между избытками цвета шаровых скоплений и галактическими широтами в свободных от обскурации участках, сравнивая вычисления по закону косеканса с ходом избытка цвета. Возможно, что это значение не свободно от влияния селекции, поскольку данные относились исключительно к светлым, свободным от видимого потемнения участкам.

принять какое-либо одно значение отношения для всего галактического пространства. И стало бы, учет этого поглощения на основе цветовых определений становится мало уверенным, а вся задача исправления расстройств еще более сложной. С другой стороны, можно вполне ожидать, что в вариациях значения отношения имеют место и некоторые закономерности, как например, закономерность, указанная С т е б б и н с о м [910] и заключающаяся в том, что численная величина отношения в высоких галактических широтах больше, нежели в нижних. Но установление подобных закономерностей требует весьма тщательных и вместе с тем полных исследований. В частности, необходимо исследование избирательного поглощения во всех тех областях, где общее поглощение надежно оценено.

Вычисление отношения полного фотографического поглощения к избирательному требует знания закона избирательного поглощения, т. е. знания вида или характера зависимости поглощения от длины волны. Этим, а также другими обстоятельствами, обусловлена важность изучения вопроса о законе избирательного поглощения. Исследование этого закона приближает нас вместе с тем к выяснению вопросов, связанных с физикой рассеяния, с природой рассеивающей среды. Этот закон служит основанием для определения из наблюдений физических характеристик частиц, составляющих космическое поглощающее вещество.

История вопроса о законе избирательного поглощения ведет начало с 1930 года. При этом, она полна многих трудностей и противоречивых результатов. Трудности усугубляются тем, что вид функции поглощения оказывается зависящим не только от длины волны, являющейся основным аргументом, но и от ряда параметров, которые определяются физическими и химическими свойствами вещества: оптических постоянных, состава, размеров и т. д. Не все из последних характеристик принимались во внимание или, во всяком случае, в отношении их строились разные допущения, что вносило в исследование вопроса дополнительную сложность. Так или иначе, дискуссия о физике рассеяния или о законе избирательного поглощения шла параллельно с исследованием остальных вопросов космического поглощения, столь же оживленно.

Уже в 1930 году были сделаны сопоставления распределения интенсивности в спектре звезд, принадлежащих скоплениям (NGC 6910 и NGC 6913), с распределением спектральной интенсивности близких и неотягощенных поглощением звезд тех же спектральных классов и был получен вывод, что покраснение должно следовать закону λ^{-1} [967]. Спектрофотометрические исследования О. Струве с сотрудниками [954] двух красных звезд типа В привели к тому же виду зависимости, хотя результаты оказались несвободными от противоречий. Последние, надо думать, вызваны были тем, что для одной из исследованных звезд неудачно были выбраны звезды сравнения. Теоретические рассуждения, основан-

ные на применении теории М и [687], заставили Шэнберга и Юнга также считать справедливым закон λ^{-1} [829, 830]. Однако, из ряда других теоретических работ вытекало, что показатель степени в формуле, выражающей закон поглощения, меняется от -4 до -1 , в зависимости от размеров частиц [825] и что, кроме того, закон поглощения зависит от того, частички каких форм—шарообразных или цилиндрических—принимаются в расчет при соответствующих вычислениях [989]. Глэйсберг склонялся в первых работах к допущению рэлеевского рассеяния [458, 459, 460, 461]. Он посвятил этому вопросу целый ряд исследований, используя почти весь имеющийся в то время материал по цветовым избыткам звезд, т. е. фотоэлектрические показатели цвета Стеббинса, Эльви, Бекера, а также и цветовые показатели, выведенные из фотографических величин Герцшпрунга и визуальных—Гарвардской фотометрии. Глэйсберг применил оригинальный метод, введя в связи с этим понятие «функции окрашивания» (Verfärbungsfunktion). В результате этих исканий он не получил, правда, вполне определенного заключения, но все же отверг закон λ^{-1} [462, 463, 464, 465]. Эти работы Глэйсберга приходится признать несостоятельными, из-за грубых ошибок обработки материала. Шален [802] пришел к выводу о справедливости закона λ^{-1} для исследованных им темных облаков Млечного Пути и закона λ^{-2} для областей, расположенных вне этих облаков. При этом, он пользовался способом, заключающимся в определении интенсивности некоторых двух участков спектра ($\lambda\lambda$ 3950, 4440). Определяя таким образом избирательное поглощение и выводя значение фотографического поглощения по звездным подсчетам, он находил далее значения поглощения для тех же длин волн. Этот метод Шалена так же нельзя признать строгим. А его результаты тем более ненадежны, что он пользовался не вполне уверенным значением коэффициента общего поглощения. Вилькенс [1001, 1002] пришел к выводу в пользу закона λ^{-4} , но ему нельзя придавать значения из-за незначительности материала и нестрогости численных результатов. Берман [357] попытался представить зависимость коэффициента поглощения от длины волны некоторой эмпирической формулой.

Но, пожалуй, в первые годы после начала систематического исследования закона поглощения, астрономы больше склонялись к убеждению, что для межзвездного поглощения соблюдается закон $A \approx \lambda^{-4}$, т. е.—закон, аналогичный рэлеевскому рассеянию света в атмосфере Земли. Распространению этого убеждения весьма способствовала оценка поглощения, данная Трэмплером. Этой оценке доверяли, а ей соответствовало, как это можно элементарно показать, соотношение $A \approx \lambda^{-4}$. Но, величина поглощения, выведенная Трэмплером, была наконец отвергнута; существенные недостатки метода его определения были вскрыты в

работе П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркина и Н. Ф. Флорья [141].

С другой стороны, О. А. Мельников [109] в Пулкове в 1936 году исследовал вопрос на спектрофотометрическом материале, относящемся к звездам с характеристикой «с» в двойном скоплении Персея, и показал несоответствие соотношения $A \approx \lambda^{-1}$ наблюдениям. Мельников предложил другой закон, а именно: $A \approx \lambda^{\alpha}$, где α приблизительно равна -1, но меняется с длиной волны, увеличиваясь по модулю с увеличением длины волны. Ее значения около $\lambda\lambda$ 3500, 4400, 5500 и 8000 Å соответственно равны: -0.5, -1.0, -1.2 и -1.5. Эти значения следует считать наиболее надежными в настоящее время.

Выводы О. А. Мельникова были подтверждены многими другими астрономами. Почти одновременно с ним Рудник [781] показала — также в результате спектрофотометрических исследований, — отклонение от рэлеевского закона в области коротких волн спектра. Хотя надо сказать, что работа Рудник методически не безупречна. Она слишком свободно обращается с единой кривой ($\Delta m, \frac{1000}{\lambda}$), построенной ею для весьма широкого интервала длин волн, пользуясь измерениями фотопластинок различных сортов. Пожалуй подобным же недостатком страдает и работа Книле, Штрассля и Вемпе [605, 602, 480], применивших одну ортохроматическую пластинку для построения кривой в широком спектральном интервале. Это может вызвать в ходе кривой вариации, обусловленные свойствами эмульсий и ничего общего не имеющие с закономерностью межзвездного рассеяния света. Кстати, разбор всех имеющихся данных, основанных на спектрофотометрии звезды ζ Персея, привел Книле [604] к заключению, что покраснение в пределах $\lambda\lambda$ 3000—10000 Å выражается экспоненциальным законом, в котором показатель степени несколько меньше единицы.

Более поздние подтверждения вывода Мельникова мы встречаем в работах Гринштейна [484, 485], анализировавшего относительные градиенты покрасневших звезд, Стикера [921], Штрмейера [926], у которого относительные градиенты в красном участке спектра (4900—6350 Å) превосходят градиенты синего участка (4000 — 4900 Å), Стеббинса и его коллег [905], Холла [517] и др. Кстати, Холл исследовал красный и инфракрасный участки спектра нескольких звезд типа В, используя фотозлектрические измерения. Показатель, равный в инфракрасном участке -1.6, обнаружил постепенное уменьшение (по модулю) при переходе к коротковолновой части спектра (до 1.2 в визуальном участке).

Б. В. Кукаркин [85] в Москве, в 1940 году исследовал сводные фотоэлектрические показатели цвета (большой каталожный материал) и установил вновь справедливость закона λ^{-1} . Именно этот результат заставил его прийти к заключению, что общее фотографическое поглощение, по крайней мере, около галактической плоскости, в 3 раза больше того, что считал Трэмплер. Недавно Бекер [348], исследовав 43 звезды в скоплении NGC 7654, нашел подтверждение закону λ^{-1} в участке спектра 3730—6380 Å. Тот же результат получает Бекер и в последних колориметрических исследованиях основанных на использовании трех стандартных участков спектра [354, 349, 350].

Итак, избирательное поглощение меняется обратно пропорционально приблизительно первой степени длины волны, во всяком случае, в пределах спектра, обычно наблюдаемого. Следовательно, в первом приближении справедлив закон $\lambda^{-\alpha}$, где $\alpha \approx 1$, но—только в первом приближении. Точно он не соблюдается. Как для длинных, так и для коротких волн кривая λ^{-1} отклоняется от линейного закона.

И, действительно, «шестицветные» электрофотометрические измерения, осуществленные Стеббинсом [912] в пределах спектра $\lambda\lambda$ 3500—10500 Å повторили прежние указания, на отклонения от закона λ^{-1} и, следовательно, подтвердили заключения Мельникова, высказанные им еще в 1936 г.¹

В настоящее время электроколориметрические измерения простираются от λ 3200 Å до λ 21000 Å [617, 398], и подтверждение заключению Мельникова находится в весьма широких интервалах. Уйтфорд [999], например, ведший электрофотометрические измерения за 1 м, заметил отклонения от λ^{-1} в спектральном участке около λ 20000 Å. При $\lambda > 2 \mu$ наблюдается переход к закону λ^{-4} .

Следовательно, надо заключить, что теория Рэлея не дает возможности интерпретировать относящийся к обычно используемому участку спектра спектрофотометрический материал. Кстати, имеются указания и относительно того, что рэлеевское рассеяние не находит подтверждения также и в светлых, отражающих туманностях. Зато, с теорией Ми результаты спектрофотометрических исследований находятся в относительном согласии. Конечно, для условий рассеяния космическим веществом невозможно вполне уверенно и ее применение. Слишком много различий между условиями межзвездной среды и коллоидными растворами металлов, для которых и была создана Ми его теория, имеющая при этом в виду только шаровидные частицы. Потому и дают наблюдения отклонения от соотношения λ^{-1} . Но, оно все же прислаемо для толкования современных данных и для реше-

¹ См. также Барбье и Шалонж [296, 297].

ния большинства задач. Оно играет большую роль в современных исследованиях. На самом деле, вообще закон избирательного поглощения должен выражаться более сложной функцией, чем λ^{-1} . Но, в связи с этим должна измениться и формула для вычисления γ .

Шагом вперед в деле уточнения переводного фактора является работа М. А. В а ш а к и д з е [38, 40] в Абастуманской обсерватории. Он вывел формулу для вычисления множителя, учитывающую установленный факт, что показатель степени при длине волны в законе поглощения не является постоянным. Построив среднюю кривую спектрофотометрических градиентов по всем имеющимся данным спектрофотометрических определений и взяв из нее значения показателя, соответствующие интернациональным эффективным длинам волн (4320, 5400 Å), он получил по своей формуле для переводного фактора значение, равное 4.6.

Но, если можно считать установленным лишь приблизительное соответствие действительности соотношения λ^{-1} и наличие отклонений от него, зависящих от длины волны, то мало известным является вопрос—действует ли во всех частях Галактики один и тот же закон?

О. А. М е л ь н и к о в, в цитированных исследованиях, указывал на возрастание показателя степени при λ с удалением от галактической плоскости. В и л ь к е и с [1001], исследовав 27 шаровых скоплений, пришел к выводу, что во внешних слоях межзвездной среды Млечного Пути закон λ^{-1} переходит в закон, приближающийся к соотношению λ^{-4} .

Изменение закона поглощения в зависимости от положения масс межзвездных частиц в галактическом пространстве вполне вероятно, если связывать его с вероятным же изменением частоты распределения величин пылевых частиц. Наш материал, например, показывает, что размеры частиц на высоких галактических широтах в среднем на 10—15% меньше, чем около галактического круга. Конечно, это—результат, относящийся к средним, грубым оценкам. И в такой мере изменения несколько не кажутся противоречащими нашим представлениям об общих структурных и эволюционных характеристиках Галактики.

С т е б б и н с, правда, показал в работе [912], что закон поглощения как бы—одинаков во всех направлениях Галактики, но этот результат был основан на шестицветной электроколориметрии относительно ярких звезд типа О и В и эффект удаления от галактической плоскости обнаружен не мог быть. И, хотя с ним согласен вывод О'о р т а [732], но с другой стороны, ведь Б а а д е и М и н к о в с к и й [288, 289] явно показали отличие соотношения поглощения с длиной волны от обычной формы в некотором конкретном направлении на скопление Трапеции в Орионе. Причем вывод этот нашел все-таки поддержку в тех же шестицветных

электроколориметрических измерений Стеббинса и Уйтфорда [1913].

Совершенно очевидна теперь весьма большая иррегулярность межзвездной материи, резкие различия ее плотности. Вполне вероятны и иррегулярности в смысле частоты распределения величин межзвездных частиц. Это тем более, что цитированные выше исследования М. А. В а ш а к и д з е дали указание на вероятную иррегулярность нейтрально поглощающей части вещества. При всем этом, конечно, не исключается средняя закономерность изменения размеров частиц в зависимости от удаления от галактической плоскости, т. е. закономерность, аналогичная той, что действует в отношении средней плотности поглощения межзвездной среды.

Различия в частоте распределения размеров межзвездных частиц вероятны и в эволюционном аспекте, если допускать, что частички образуются из межзвездного газа путем конденсации. Непрерывное перемешивание масс, конечно, сглаживает различия.

Однако, более или менее полное решение вопроса требует дальнейших, широко поставленных работ, особенно по спектрофотометрии звезд.

Этот метод является очевидно наиболее надежным. Хотя он также сопровождается рядом трудностей, несколько снижающих его ценность. Из них, главная в том, что не всегда легко выбрать в качестве звезды сравнения такую, которая не была бы отягощена влиянием межзвездного избирательного поглощения или покраснением, присущим самой звезде (эффект абсолютной величины). Спектрофотометрические определения выполнялись довольно часто, но они опирались на небольшое количество объектов и в большинстве случаев относились к сравнительно небольшому участку спектра. Для успешного решения задачи необходимо значительно расширить область длин волн, подвергающуюся спектрофотометрии. Большая светимость и простота спектров делают ранние В звезды отличным объектом для исследования закона зависимости от длины волны. В этом смысле надежные результаты могут быть получены дальнейшими электроколориметрическими измерениями, осуществляемыми в широких пределах спектра.

Однако, весьма ценное применение нашли бы и для данной цели гелескопы новой конструкции М е л ь н и к о в а [115]. Как известно, они представляют собой комбинации с бесщелевыми кварцевыми спектрографами, дающими дисперсию около 50 \AA на 1 мм в ультрафиолетовом участке спектра, а наблюдения, благодаря применению, к тому же, алюминированной отражательной оптики, распространяются на область с длинами волн короче 3000 \AA .

Возможно полное выяснение характера (закона) поглощения необходимо как для более точного определения отношения полного поглощения к

покраснению, что очень важно с точки зрения исследования строения Галактики, так и для контролирования физических теорий о природе межзвездного вещества.

§ 9. Природа межзвездной поглощающей среды

Изучение космического поглощения преследует, в основном, две цели: первую и главную—определение влияния поглощения на расстояния и введение соответствующих коррективов, вместе с изучением пространственного распространения самого поглощающего вещества. Это определяет звездно-астрономический интерес к проблеме космического поглощения. Вторая цель заключается в выяснении физической природы межзвездной среды. Это—астрофизическая сторона проблемы. Само собой разумеется, что сведения, добытые в этой последней области немало способствуют решению звездно-астрономической части проблемы, как и наоборот. Естественно, поэтому, что за последние 15—20 лет исследование обеих частей данной проблемы шло параллельно. Однако, в силу того, что каждая из этих сторон требует применения к себе своих методов и наблюдательных средств, данные исследований и наблюдений или конечные результаты накапливались неравномерно.

В настоящее время не приходится сомневаться в том, что межзвездная среда состоит из веществ двух родов (не говоря о твердых телах больших размеров, вызывающих нейтральное поглощение): твердых пылевых частиц и газа (атомов и молекул). При современных методах исследования, межзвездный газ является более доступным объектом изучения с точки зрения астрофизического интереса проблемы. Данные, доставляемые физическими исследованиями межзвездного газа, отчасти, в пределах допустимого, распространяются и на всю межзвездную среду. Однако, некоторые физические характеристики в отношении пылевого вещества выясняются и самостоятельно, именно, путем колориметрического или спектрофотометрического исследования звезд, свет которых, прежде чем дойти до нас, проходит сквозь слой пылевой материи.

Первой и основной характеристикой природы космической пылевой среды следует считать размеры твердых частичек, составляющих эту среду. Известно, что общее и избирательное поглощение вызываются твердыми частичками, а не газом. Еще в самый первый период исследования проблемы поглощения, указывалось, что плотность газового вещества, требуемая для объяснения наблюдаемого поглощения, во много раз больше той плотности, которая имеется в окрестностях Солнца, населенных звездами и всеми другими космическими телами или веществами. Межзвездный газ вызывает поглощение лишь в отдельных линиях

спектра, а для того, чтобы он был способен вызывать наблюдаемое поглощение света, он должен был быть сконцентрирован в таком количестве, которое не вяжется с современными данными о массе, движениях и динамических свойствах всего звездного мира, в целом. Только в каком-либо одном, хотя и большом облаке пришлось бы допустить массу порядка миллиарда солнечных масс.

Кстати отметить, что наблюдаемое поглощение не может быть вызвано в должной мере рассеянием света свободными электронами, которые в какой-то пропорции могут быть в межзвездном пространстве вследствие ионизации газа.

Наконец, межзвездное вещество не могло быть и жидкостью в условиях низкой температуры межзвездного пространства.

Лишь при рассеянии света пылеобразной средой твердых частиц можно объяснить наблюдаемое поглощение наличием допустимых масс поглощающего вещества. При этом от размеров этих частиц зависит характер поглощения. Крупные частицы, экранируя свет, способны вызывать нейтральное, не зависящее от длины волны, поглощение, т. е. общее поглощение, если конечно, пренебрегать той частью света, которая проходит касательно к частицам, и претерпевает диффракцию. Последняя же, как известно, зависит от длины волны. Достаточно мелкие же частицы рассеивают свет избирательно, т. е. разно для разных длин волн и вызывают покраснение света звезд.

Явления, связанные с поглощением, заставляют думать, что поглощающая среда состоит, главным образом, из весьма мелких твердых частичек. Сам факт наличия избирательного поглощения служит указанием на то, что частицы не могут быть крупными. Вероятность присутствия в той или иной пропорции и больших частиц, конечно, значительна. Можно сказать, что наличие их в ряде направлений и вовсе не подлежит сомнению (М. А. Вашакндзе, [40]). Но, эффективность рассеяния твердыми частицами зависит не только от химического состава поглощающей среды, но и от размеров этих частиц. Рассел давно показал, что твердые частицы, имеющие размеры порядка длины волны света, могут вызывать наблюдаемое поглощение, именно при условии наличия этих частиц в таких количествах, которые не противоречат принятым данным о средней плотности и массе Галактики [783]. О. Струве [940] подробно рассмотрел вопрос о размерах частиц межзвездной пыли и пришел к выводу, что следует принять для их среднего значения 10^{-5} см. (См. изложение в Курсе П. П. Паренного [134], стр. 256—258).

Ряд явлений приводит к порядку размера частиц в 10^{-5} см, а именно: вычисляемые теоретически и определяемые из наблюдательных данных пределы средней плотности в галактическом пространстве; выводимые из наблюдений величины поглощения; чисто физические явления: относительно низкая степень поляризации света, рассеиваемого туманностями; отсутствие видимых дифракционных колец, образуемых вокруг звезд туманностями и др.

Еще в тридцатых годах были выполнены работы, которые, хотя с точки зрения сегодняшнего дня уже кажутся несколько примитивными, но все-таки внесли заметный вклад в исследование данного вопроса [800, 802, 803, 806]. Были выполнены подробные вычисления для разных металлов (железо, никель, медь, цинк, натрий) и для разных значений коэффициентов поглощения. Исходя из известных значений оптических постоянных данного металла и рассматривая данные волн, наиболее часто встречаемые в астрономической практике, строили графики связи отношения коэффициентов для двух длин волн с диаметром частиц, исходя из физической теории рассеяния Ми [687] (См. Б. Ю. Левин [94], И. А. Хвостиков [215]). С помощью таких графиков можно однозначно определить диаметр частиц по заданным или полученным из наблюдений отношениям коэффициентов поглощения в двух участках спектра. Теория Ми разработана для идеальных металлических частиц в виде сфер, взвешенных в некоторых растворах. Допустив, что космические частички состоят из железа,—по аналогии с метеорами, которые содержат железо в большом количестве [610]—и внося в вычисления оптические постоянные железа, Шален нашел, что размеры частичек в отдельных темных облаках (в Лебеде, Цефее, Возничем, «Северной Америке», Персее) около $500\text{--}1000 \text{ \AA}$. Для других металлов получаются несколько отличные размеры. Следовательно, для того, чтобы с уверенностью определять размеры частиц, необходимо знание и химического состава межзвездной среды. Однако, при современном состоянии наших средств исследования, эта последняя задача трудно разрешима. Во всяком случае, невозможно определять химический состав и размеры частичек одновременно, исходя из данных наблюдения над покраснением света избирательным поглощением.

Одновременно Шален пришел к выводу, что вие темных облаков частицы несколько меньше в размерах, чем в самых темных облаках. Шален привлек и спектрофотометрический материал для решения поставленной им задачи. Он объяснил выявленное спектрофотометрией распределение энергии в спектрах звезд, расположенных в темных облаках, погло-

щением частичками железа с диаметром около $70\text{--}80\text{ м}\mu$. Следовательно, спектрофотометрические измерения показали согласие с результатами исследований, основанных на избытках цвета.

Определение размеров частиц для разных элементов выполнено О. А. Мельниковым [109, 114] на основании наблюдений, полученных в Симеизской обсерватории. Используя и теоретические рассуждения, он пришел к размерам частиц порядка $100\text{ м}\mu$ (детальнее: $85\text{ м}\mu$ для железа и до $155\text{ м}\mu$ для никеля).

Т. А. Кочлашвили [79] в Абастуманской обсерватории вычислила размеры частиц в трех направлениях (на М 34, М 35 и «Циррус») и получила для всех из них один порядок размеров:

100 $\text{м}\mu$ для железа,
135 " для никеля,
160 " для непрозр. диэлектриков.

Надо иметь в виду, что все три области лежат на малых или умеренных галактических широтах (-15° , $+3^\circ$, -10° , соответственно).

Само собой разумеется, что можно говорить лишь о преимущественном или среднем размере частиц. В действительности же, надо думать, что материальная среда содержит частицы самых разнообразных размеров, что делает довольно трудным истолкование данных о цветах звезд. Гринштейн, очевидно учитывая это обстоятельство, теоретически исследовал частоту распределения частиц различных диаметров, исходя из данных распределения частоты гиперболических метеоров и получил при этом, что частота диаметров частичек обратно пропорциональна третьей степени диаметра [484].

Полное решение этого вопроса нуждается в обширных спектрофотометрических измерениях, могущих приблизить нас к истинному виду закона поглощения, который лежит в основе подобных вычислений.

К данным о гиперболических метеорах (о метеорах «космического происхождения») часто прибегают не только для определения размеров частиц, но и для выяснения космической природы поглощающей среды вообще [1987]. Очень трудно выяснить вопрос о составе поглощающего вещества прямыми наблюдениями. Аналогия с метеорами часто служит исходным пунктом при рассмотрении вопроса о составе межзвездной материи или в

¹ По спектрофотометрическим исследованиям Бааде и Минковского [289] размеры частиц достигают $150\text{ м}\mu$. Гринштейн [484] и другие также получали для среднего размера рассеивающих частиц значения порядка 10^{-8} сантиметра, беря за основу теорию Ми и закон λ^{-1} . Интересно, что чисто теоретические соображения, т. е. совершенно самостоятельный, независимый от цветовых показателей и спектрофотометрических данных путь, дали близкий к этому результат: диаметр частиц около $160\text{--}200\text{ м}\mu$ [814].

исследованиях величин, плотности, массы и даже динамических характеристик поглощающей среды, когда эти исследования ведутся чисто теоретически или основаны на дискуссии данных наблюдений. Вместе с тем, разумеется, результаты спектрального изучения химических характеристик диффузных туманностей также могут быть распространены и на всю межзвездную среду, вообще.

Определение частоты частиц разной величины межзвездного вещества имеет важное значение с точки зрения изучения строения Галактики, особенно, если иметь в виду, что уже Мельников [109] сделал указания на то, что средний диаметр частиц пылевой материи не остается постоянным во всем галактическом пространстве, а меняется, уменьшаясь с удалением от галактической плоскости.

Данные Стеббинса [912], показавшие, как будто, что зависимость межзвездного рассеяния от длины волны одинакова как в плотных, так и в разреженных облаках, нельзя рассматривать как противоречие результату Мельникова, т. к. исследованные Стеббинсом облака мало отличаются между собой галактическими широтами. Данные Стеббинса скорее дают основу рассуждениям относительно происхождения частичек из межзвездного газа путем конденсации. Вообще же, имея в виду иррегулярность распространения межзвездного вещества, надо считаться и с возможностью неоднородности в его физическом составе, в частности, в смысле распределения в нем частиц различных диаметров.

Так или иначе, важной задачей является определение рассматриваемой частоты в разных направлениях, на разных галактических широтах. И тут метод избытков цвета звезд является одним из наиболее эффективных способов исследования. Работы же, выполненные до сих пор в этом направлении, были далеко еще не достаточны и не полны.

Подвергнув анализу с этой точки зрения наш каталог, мы получили указание на то, что размеры частиц в направлениях на высокие широты на 10—15 % меньше размеров в галактической плоскости (см. ниже).

В общем же, исследования, основанные на анализе межзвездного поглощения в связи с теорией рассеяния Ми, когда частички принимались за металл:—железо, никель, цинк, медь, натрий,—привели к среднему значению радиуса частиц межзвездной пыли, равному около 100 м μ . Примерно такие частицы отвечают соотношению (закону) λ^{-1} . Это является наиболее часто встречающимся средним размером твердых частиц.

В этой же связи интересен вопрос и о плотности и массе межзвездного вещества. Данные о метеорах бывали в некоторых исследованиях исходными и для вычисления этих величин. Выводилась средняя пространственная плотность метеоров по среднему числу тех метеоров, которые залетают в

земную атмосферу в течение суток. Обобщение результатов для межзвездного пространства, давало для плотности значение порядка 10^{-26} гр/см³. [438]¹.

Надо однако полагать, что вычисляемое поглощение света, которое может быть вызвано массой метеоров, определенной по их суточной частоте, составляет лишь некоторую долю того поглощения, которое получается из наблюдений над звездами. Шален [800], исходя из теории Ми, получил для темных облаков в Возничем и Цефее плотности 0.4×10^{-25} и 0.6×10^{-26} гр/см³, соответственно. Для массы же получил 35 солнечных масс в случае первого и 300 солнечных масс в случае второго облака. Определения Шалена нельзя считать вполне совершенными в смысле подбора и использования материала, но они сыграли некоторую положительную роль, показав возможность решения данной задачи и все таки правильно оценив порядок величины плотности и массы. Наконец, они имели значение и в том смысле, что показали возможность объяснения поглощения без допущения очень больших масс—(несогласующихся с наблюдаемыми скоростями звезд или вообще противоречащих другим данным общего характера)². В общем, в соответствии с теорией Ми, среднюю плотность галактической материальной среды, состоящей из пылинок, надо считать равной приблизительно 10^{-26} гр/см³.

Г. А. Кочлашвили, вычислив в цитированной работе плотность межзвездной пылевой среды для исследованных ею трех направлений, получила для числа частиц в одном куб. сантиметре 10^{-14} — 10^{-12} . Соответственно, для железа плотность оказалась 2 — 7×10^{-24} гр/см³.

Плотность и масса межзвездного газа определяются на основе анализа интенсивностей межзвездных линий³.

¹ Гринштейн [485, 484], на основе наблюдаемой частоты гиперболических, т. е. появляющихся в солнечной системе извне, метеоров, получил плотность межзвездной среды твердых частичек равной 2×10^{-25} гр/см³. Этот последний результат, хотя и построен на несколько смелой экстраполяции в сторону частиц меньшего размера тем не менее можно считать довольно надежным и он не очень отличается от более ранних выводов Эддингтона [444], получившего в двадцатых годах 10^{-24} гр/см³ на основе чисто теоретических соображений, а также и Оорта [731]. Впрочем, само существование гиперболических метеоров в настоящее время подвергается сомнению.

² Из данных Шалена вытекает, что число частичек на один кубический сантиметр в облаке в Возничем равно 1.7×10^{-14} . Глэйсберг также оценил среднее число частичек и получил результат, весьма отличный от последнего значения. Но, это и понятно, в связи с тем, что вычисления Глэйсберга были основаны на ошибочных положениях.

³ Струве вычислял плотность в межзвездном газе отдельно для разных элементов. Впрочем, так же поступал и Дэнхэм. Однако у Струве средняя плотность получалась несколько больше, чем у Дэнхэма, но оба автора приходили к согласному выводу, что плотность водорода больше, чем плотность прочих элементов.

Средняя плотность всей межзвездной материальной среды оценивалась другим, более косвенными методами. Оорт, проанализировав звездные движения в направлении, перпендикулярном галактической плоскости, получил для нее 3×10^{-24} гр/см³. Очевидно, что для средней плотности должна быть принята величина порядка 10^{-24} .

Какова же масса всей поглощающей материи в Галактике? Общую массу поглощающего вещества можно оценить исходя из известных предположений о физической природе этого вещества. Весьма большие—превосходящие массу всей Галактики—а потому и заведомо неверные значения массы получаются, когда допускают, что поглощающее вещество состоит из крупных, экранирующих частиц или наоборот допускают, что оно подобно нашему атмосферному газу и к нему применима теория рассеяния Рэлея. Правильнее считать, что частицы поглощающего вещества имеют поперечники порядка 10^{-5} см. Тогда они наиболее эффективны в смысле поглощения и для объяснения наблюдаемого межзвездного поглощения достаточно в таком случае и масса, значительно меньшая массы всей Галактики и потому вполне вероятная.

Еще в 1940 году акад. В. Г. Фесенков [189] сделал первую из наиболее надежных оценок общей массы темных туманностей в Галактике. Допустив, что диаметры частиц межзвездной пыли равны около 10^{-5} см, но учитывая при этом вероятную дисперсию размеров и исходя из теории Ми, он вычислил по оцененной оптической толщине галактического экваториального слоя всю массу этого вещества. Она оказалась равной 10^8 солнечных масс.

Эта оценка нашла серьезное подтверждение уже в 1945—1946 гг.

Независимая оценка, произведенная П. П. Паренаго [132] в 1945 году, также дала близкий к значению Фесенкова результат. Повторение подобных вычислений с учетом новых данных как о коэффициенте поглощения, так и об эффективной толщине галактического слоя не изменило этого значения (П. П. Паренаго [134]). Позднее, когда им были учтены вновь открытые диффузные туманности [698, 699], оценка была уточнена: 1.8×10^8 солнечных масс [135]. При этом П. П. Паренаго исходил из данных о поглощении, размерах, массы одной средней туманности и количества темных туманностей в некоторой единице объема (см. выше). Недавно появилась новая работа П. П. Паренаго [137], в которой им дана новая (более высокая) оценка количества темных туманностей. Однако, даже если исходить из этой оценки, общая масса не должна изменить свой порядок величины.

Б. А. Воронцов-Вельяминов [46] оценил в 1940 г. массу диффузной материи в Галактике по расчетам, основанным на потере массы

звездами Вольф-Райе и Новыми. Результат оказался около 10^9 Солнечных масс. Он мог прежде показаться несколько преувеличенным, но после открытий Г. А. Шайна [226] мы неизбежно склоняемся к убеждению, что диффузной материи в Галактике значительно больше, чем это было видно из наблюдений прежних лет.

С другой стороны, желательно, для более точных оценок масс, делать расчеты для различных галактических направлений отдельно, с учетом их индивидуальных характеристик. Такой метод—метод дифференцированных оценок—применили мы при анализе нашего каталога. Он дал нам несколько меньшее значение, чем принято по Фесенкову и Паренного (см. главу IV).

Во многих из современных работ общая масса поглощающей материи в Галактике признается равной около половины всей массы в Галактике, или она даже может приближаться к массе всех звезд¹. Последняя же считается равной 10^{11} или 2×10^{11} солнечных масс.

Определение плотности и массы межзвездного вещества относится пожалуй к наиболее труднорешаемым задачам галактической астрономии. Поэтому следует с осторожностью подходить к результатам подобных оценок и пока принимать их лишь в качестве ориентировочных значений. Если же иметь в виду массу всей межзвездной материи, необходимо считаться, как сказано выше, с открытиями Г. А. Шайна [266], а также и с наличием значительной доли нейтральной составляющей, что установлено М. А. Васькиным [40]. Дифференцированные же оценки—по отдельным направлениям (по галактическим широтам, а может быть и долготам) весьма целесообразны и их надо вводить по мере детализирования наших знаний, т. е. определений поглощения или выявления диффузных туманностей во многих индивидуальных направлениях и даже—глубинах.

В настоящее время мы располагаем некоторыми данными и о движениях в межзвездной среде, точнее, в межзвездном газе. Эти сведения доставляются нам исследованиями лучевых скоростей по межзвездным линиям в спектрах ранних звезд².

Главные результаты современных работ в этой области заключаются

¹ Любопытно вспомнить предположение В. Гершеля: «... обилие туманной материи должно превзойти все наше воображение», хотя оно относится также и к объектам, понимаемым в наше время не как составляющим межзвездное вещество. Более непосредственно относится к межзвездной галактической материи мысль В. Я. Струве [153], изложенные в этом же духе. Высказывание Оорта, сделанное уже в нашу эпоху: «Масса метеоров и туманной материи вероятно очень мала сравнительно с массой звезд»,—пожалуй, менее созвучно с современными представлениями в этой области.

² Подобные исследования были начаты еще в 1918 году на основе спектроскопических скоростей туманности Ориона и других [394]. Наряду с этим делались попытки обнаружить движения и прочие изменения на фотографиях, разделенных промежутком в десяток и более лет (например, [434]), но такие попытки не дали результатов.

в том, что во-первых, межзвездный газ участвует, как и все звезды, в галактическом вращении и, во-вторых, в межзвездной среде имеют место пекулярные движения. При этом получают указания на отдельные «накладывающиеся» друг на друга массы межзвездного газа, обладающие разными скоростями.

По исследованиям О. А. Мельникова [113] пекулярные скорости отдельных облаков газа оказались порядка 7 км/сек.¹ Такие значительные пекулярные скорости вполне совместимы с тем фактом, что газ оказывается распространённым довольно далеко в обе стороны от галактической плоскости [789].

Смещения межзвездных линий, интерпретируемые в свете теории галактического вращения, могли бы служить хорошим критерием расстояния. Однако, большие пекулярные скорости оказывают в этом отношении свое отрицательное влияние. Но, дело осложняется вдобавок еще тем, что как оказалось, межзвездный газ обладает еще и турбулентными движениями². Последними объяснил Адамс [259, 262, 263, 266] обнаруженную им, благодаря применению мощной аппаратуры, именно 100" рефлектора с дифракционным спектрографом Кудэ большой дисперсии (около 3 Å в миллиметре), сложную структуру линий межзвездного кальция, их асимметрии и расщепления различного вида. Межзвездные линии часто оказываются двойными, а то и расщепленными на несколько компонент, в результате наличия по данному лучу зрения двух и более отдельных газовых облаков с различными индивидуальными пекулярными скоростями, что является указанием на иррегулярное заполнение пространства дискретным газовым облаком, наподобие темных поглощающих масс³.

Эти и другие наблюдения, в частности, — Г. А. Шайна [226], выявили особенности и тонкие характеристики межзвездных масс — их дискретность, иррегулярность распределения частичек внутри отдельных облаков, различие в доплеровых смещениях (от 5 до 60 км/сек), турбулентные движения и т. д. Вместе с тем, эти же наблюдения, обнаружившие, что относительная интенсивность межзвездных линий меняется от звезды к звезде, дали указание на неоднородность химического состава межзвездной газовой среды. А именно, в спектрах нескольких ярких звезд, в Плеядах, расположенных практически в весьма близких между собой направле-

¹ См. также [754, 682, 680, 681, 314].

² Указания на существование локальных течений в облаках межзвездного газа см. также в работе Берто [361]. Бюисон, Фабри и Бурже [392], применившие интерференционный метод к наблюдениям туманности в Орионе, констатировали в последней иррегулярности и различия в лучевых скоростях отдельных ее масс.

³ Эти обстоятельства и затрудняют, как отмечалось выше, использование интенсивностей межзвездных линий в качестве критерия расстояний.

ниях, имеются разные межзвездные линии: в одном из них линии СН, в других только Н и К, которых нет в первых и т. п.

Эти обстоятельства и, главное, наличие турбулентных движений требуют для решения задач, связанных с распространением и природой межзвездного газа, дальнейшего накопления спектроскопического материала, и в частности, исследования контуров межзвездных линий. Но и те данные, которыми мы располагаем в настоящее время, являются серьезной поддержкой концепции неоднородности межзвездного вещества вообще.

Особо развиваются работы в направлении теоретической трактовки вопросов, связанных с природой и развитием межзвездного вещества. Вопросы местного равновесия пыли и атомов, физические условия внутри пылевого или газового облака, ионизация, эффект лучевого давления, галактическое равновесие межзвездной материи, рассеяние света средой смешанных частиц и многие подобные и родственные им вопросы явились предметом сравнительно ранних, в большинстве случаев и мало удачных, теоретических исканий одних авторов [444, 443, 783, 54, 932, 933, 630, 631, 580, 531, 582, 535, 609] и ряда более новых исследований других (1941, 942, 928, 483, 484, 533, 534, 957, 805, 814, 887, 888, 890, 891831, 996, 553, 551, 503, 504, 776, 973, 445, 565] и др.).

Эддингтон был одним из первых, кто стал теоретически вычислять ионизацию в межзвездном пространстве. Исторически интересно, что при этих вычислениях он исходил из наличия кальция в межзвездном пространстве, в связи с тем, что данные солнечных наблюдений придавали преимущественное положение именно этому элементу. Но, впоследствии, по выявлению преимущественного значения водорода, ионизацию стали пересчитывать для водородной среды. Интересно и то, что Эддингтон указал, что температура межзвездного пространства приближается к абсолютному нулю, но тело, находящееся в нем и поглощающее избирательно, может достигать больших значений температуры, благодаря обилию света звезд в радиации высокой частоты. Поэтому температура самих межзвездных частиц может достичь нескольких тысяч градусов. При вычислении условий ионизации оказалось необходимым исходить из столь высоких температур. Детальные теоретические исследования вопроса о температуре межзвездной материи принадлежат Спизеру [892, 894, 897, 899].

Шален и другие исследовали природу отражающих туманностей на основе сравнения цветов туманности на различных расстояниях от освещаемой звезды, с цветом последней. Он вывел формулы для освещения туманности, имеющей плоско-параллельную стратификацию и, исходя из теории рассеяния Ми, интерпретировал цвета туманности в различных точках с точки зрения их зависимости от размеров частичек, составляющих туман-

7. Бюлл. Абст. астроф. обс., № 12

ность (1810, 813, 811, 812, 492, 493, 490, 597] и др.). Нет сомнения, что исследования условий освещения звездой окружающей ее туманности имеют большое значение, хотя обычно пока еще пользуются весьма упрощенными предположениями относительно формы, строения и других характеристик диффузной среды.

Теоретические исследования, касающиеся стабильности межзвездного вещества, гравитационного равновесия, наряду с исследованием размеров, плотности и массы пылевых или газовых облаков, приобретают большое значение в связи с общей проблемой динамики Галактики.

Г. А. Гурзаян [59] в Бюраканской обсерватории исследовал вопрос гравитационного равновесия межзвездного водорода. Исходя из того, что наблюдения величин поглощения и кратность межзвездных линий свидетельствуют о клочковатом распределении межзвездного газа, он принял рабочую гипотезу, по которой межзвездное вещество не находится в статистическом равновесии и отдельные облака его обладают своими индивидуальными peculiar скоростями в отношении центроида окружающих звезд. Далее он рассмотрел вопрос о силах, действующих на межзвездный водород в пространстве, которое заполнено звездами различной светимости. При этом показал, что на межзвездный водород воздействует световое давление излучения звезд, которое может быть и обуславливает образование отдельных движущихся потоков, столь уверенно наблюдаемых при спектрографических исследованиях и делающих движение межзвездного водорода, в общем, хаотическим. Возможно, что световое давление для межзвездного водорода имеет большое значение не только с динамической точки зрения, но и с космогонической.

С другой стороны, динамике прохождения звезд сквозь водородные, а также и пылевые облака посвятил несколько исследований Т. А. Агекян [2, 3] в Ленинграде. Им рассмотрен механизм захвата звездой метеорного вещества, когда звезда проходит сквозь метеорное облако. Механизм этот основан на потерях метеорными частицами энергии движения, обусловленных неупругими столкновениями. Далее он показал, что звезды высокой светимости, при прохождении сквозь пылевые или водородные облака, движутся ускоренно в результате их взаимодействия с межзвездной материей. Из исследований Агекяна следует, что необходимо учитывать роль взаимодействия звезд с межзвездным веществом, когда исследуются вопросы, связанные с динамикой звезд высокой светимости, окруженных диффузной средой.

Теоретические исследования в области межзвездной (и межпланетной) материи ведутся уже в течение ряда лет в Тартуской астрономической обсерватории. Они начаты еще 12—14 лет тому назад с исследования Г. Г.

Кузмином [80, 81] задачи о зависимости межзвездного поглощения от длины волны и о распределении межзвездных пылевых частиц по их диаметрам. В последнее же время они относятся к динамике межзвездной пылевой материи. В работе [82] Кузмин рассмотрел вопрос о средней плотности пылевой материи и ее плотности в темных туманностях, исходя из данных П. П. Паренго о межзвездном поглощении. Рассматривая ускоряющее влияние сближений со звездами на движение пылевых частиц и противоположно действующее влияние сопротивления межзвездного газа и предполагая равновесие действия обоих факторов, дается оценка средней остаточной скорости пылевых частиц. При этом показано, что при получаемой остаточной скорости могут образовываться, вследствие радиационно-гравитационной неустойчивости, сгущения с массами порядка солнечных масс и их можно отождествить с темными туманностями. Из этих сгущений впоследствии возможно образуются звезды или скопления и ассоциации звезд. Правда, масса сгущения, вычисленная Кузмином теоретически, на целый порядок отличается от масс темных туманностей, выводимых по П. П. Паренго. Это различие, очевидно, надо отнести за счет неточности обоих методов, но особенно же, — первого, т. е. теоретического.

Так или иначе, теоретические исследования охватывают не только физическую природу межзвездных частиц, но и их эволюцию [564, 997]. Теоретические работы в этом направлении способствуют, вместе с тем, уяснению роли межзвездной материи в звездной эволюции.

Высказаны новые идеи об образовании космических тел из межзвездной материи. Уиппл показал, что облако космической пыли должно стремиться к конденсации под действием давления света звезд и собственного тяготения. В результате может образоваться космическое тело разных масс — от массы, порядка массы малой планеты до массы звезды [996]. Вопросы эволюции трактуются и в работах Хойля и Литтлтона. Надо, однако, помнить, что в основе всех эволюционных идей Хойля лежит весьма порочное и вовсе не приемлемое допущение об одновременном и повсеместном образовании материи. Противонаучность этого допущения очевидна. Открытия советских астрономов [12, 14] дали весьма убедительную критику подобных «теорий».

В работах Оорта, Хаара и других [503, 504, 735, 506] посвященных построению теории образования твердых частичек из межзвездного газа, имеется развитие идей, ведущих начало от Линдблада [631], о возможной сублимации межзвездного газа вокруг некоторых частиц, действующих как ядра конденсации. Если Линдблад начал развивать теорию конденсации, то Хаар и его сотрудники теперь заняты выяснением условий образования самих ядер. Впрочем, надо заметить, что еще не доказаны основные идеи всех этих исследований, и в частности — мысль, со-

гласно которой атомы и ионы газа, окружающие твердые частички, примораживаются к ним. Вполне естественно, что названные работы подвергаются серьезной критике [400].

Однако, представляется вероятным, что межзвездные твердые частицы формируются из межзвездного газа, а затем и разрушаются взаимными столкновениями, так что устанавливается равновесие между газовыми и пылевыми составляющими межзвездной среды [614, 735]. Другими словами, сосуществование газа и пыли можно объяснить улетучиванием твердых частиц в результате столкновений или испарением (по Оорту). Эти представления обуславливают постановку и более широкой задачи: выяснить пропорцию газа и пыли и выяснить причины, обуславливающие данную пропорцию. Однако, решение этой задачи требует пока накопления подробных наблюдательных данных, с одной стороны, и продвижения вперед теоретических изысканий—с другой. В отношении этих последних можно отметить, что одной из наиболее актуальных задач является задача исследования возможности и механизма сгущения газовой или пылевой среды межзвездного пространства и образования больших тел из мелких частиц (пылевых или газовых).

Но возникают и дальнейшие проблемы и прежде всего—проблемы, связанные с образованием звезд путем отдельных сгущений в межзвездной среде [888, 996]. В плоскости Галактики межзвездные частицы подвергаются лучевому давлению, в общем, со всех сторон, и последнее соединяет их воедино. Так образуется темное облако, которое уплотняется до тех пор, пока луч света перестает проникать в него. Тогда перестает действовать и лучевое давление, но на смену ему выступают силы притяжения. В этой стадии межзвездное вещество имеет форму весьма малых облаков—«глобул» по Боксу [373, 368]. Глобулы, возможно, действительно являются эволюционной стадией, предшествующей образованию звезды. В них соударения между частицами преимущественно эластичны и глобулы представляют собой стабильные образования. Под влиянием собственной силы притяжения и внешнего лучевого давления глобулы сжимаются. Имеет место захват или вторжение других частиц и, следовательно, глобулы увеличиваются в массе и постепенно преобразуются в звездоподобные объекты [813]. Е. А. Рускол, в цитированной работе [148], определила средние линейные радиусы (0.12 пс.) и расстояния (230 пс.) для 16 малых туманностей из атласа Барнарда, подобных глобулам.

Мы не можем ставить себе задачей сделать хоть сколько-нибудь полное обозрение или вдаваться в какой-либо мере в подробности выполненных или ведущихся теоретических исследований. Но сделаем лишь несколько небольших замечаний для некоторой, хотя и весьма ограниченной характеристики работ в этой области.

В настоящее время далека от решения даже такая, можно сказать, первоочередная задача, как выяснение вопроса о преимущественном наличии металлических или диэлектрических частиц межзвездной среды [1488, 806, 562] и др.). В настоящее время, собственно, и нельзя еще указать наблюдений, которые могли бы установить даже различие между метеорными частицами или частицами, сгущенными из газа. Ван-д-Хулст подробно исследует оптические свойства межзвездных сферических частиц, рассматривая и диэлектрические сферические тела в свете явлений отражения, преломления и дифракции. Однако наряду с подобными изысканиями, пока еще крайне необходимы более подробные и обширные наблюдения, которые составили бы предпосылки для построений не столь формальных теоретических рассуждений.

То же самое можно сказать и относительно исследований вопросов, связанных с процессами соединений и диссоциаций молекул в межзвездном пространстве [614]. Слишком формальными являются и некоторые работы Стрэмгрена [928, 929].

Несмотря на то, что как мы отметили, не решен вопрос о преимущественном составе межзвездной среды из металлических или диэлектрических частиц, ставятся и делаются попытки решить такие задачи, как например, галактическое магнитное поле [893] и, следовательно, начато изучение наряду с оптическими и магнитных свойств частиц [900, 419]. Нужно сказать, что интерес к подобного рода исследованиям обострился в связи с наблюдениями поляризации в межзвездной среде [542, 544, 543, 946, 519, 71, 520, 566]. Как известно, электрофотополяризметрические наблюдения над затменными двойными звездами обнаружили высокую степень поляризации, не зависящую однако от фазы кругового движения компонент системы. Получены были основания для того, чтобы считать, что поляризация возникает вне атмосферы кратных систем, а скорее—в межзвездной среде. Почти не представляется сомнительной возможность поляризации в условиях преимущественно ориентированных межзвездных частиц и при наличии достаточно мощного галактического магнитного поля. Но вместе с тем имеется в виду, что состав межзвездной пыли ферромагнитный. Этого требует теория поляризации. Однако, в этом же и заключается трудность, ибо с современными представлениями не вяжется допущение преимущественного распространения в межзвездном пространстве железной пыли.

Впоследствии делались попытки связать степень поляризации с космическими расстояниями или с избытками цвета звезд [519, 520]. Правда, результаты довольно противоречивы [728] и многое из предварительных выводов требует тщательной проверки, но тем не менее в наблюдении поляризации, вероятно, будет найдено совершенно новое средство изучения. фи-

зической природы межзвездной материи¹. Но естественно, что это открытие побудило теоретиков сейчас же заняться теоретической разработкой вопроса (см., например, работы Спитцера [9001]), хотя потребность в накоплении более полных и надежных данных велика.

Что касается новых средств изучения физической природы межзвездной среды, то в качестве еще одного подобного примера следует назвать радиофизический метод. Правильную ориентировку дают в этой области теоретические рассуждения советского ученого И. С. Шкловского [240, 238, 239], который показывает, что радиофизическим методом можно исследовать распределение межзвездного газа в различных галактических направлениях, считая, что источником радиоизлучения являются зоны неионизированного водорода. Как правильно указывает Шкловский, таким образом открылась возможность исследования межзвездного водорода в его основном состоянии, непосредственно. Все другие применяемые астрофизические методы делают доступными для исследования лишь возбужденные состояния атомов водорода. Шкловский критически отнесся к предположению зарубежных авторов Уиппла и Гринштейна [998], что источник этой радиации в излучении пылевого межзвездного вещества (См. также [963]). Но и в этой области мы являемся пока свидетелями большого разрыва между теорией и наблюдениями. Планометрическое радиофотометрирование, в первую очередь, Млечного Пути, а затем и в других направлениях могло бы дать наблюдательные данные, важные с точки зрения правильного развития теории. Весьма интересно, что на основе радиофотометрии участков Млечного Пути Ребер [761, 762] показал, что радиация не однородна, а меняется, обнаруживая максимум в Стрельце и несколько усиления в других участках Млечного Пути.

Что касается практического радиофотометрирования, большой помехой является до сих пор малая разрешающая сила радиотелескопов. Из-за нее, по сути дела, до сих пор трудно однозначно ответить на вопрос, где возникает радиоизлучение—в межзвездных пространствах или в скоплениях горячих звезд.

В целом, несмотря на весьма заметный недостаток наблюдательных данных для контроля теорий и большие упрощения в теоретических моделях, все эти теоретические исследования имеют большое значение для выяснения роли межзвездной материи в проблеме галактического строения. Эти работы способствуют, вместе с тем, правильному направлению дальнейших

¹ Первые опыты по части измерения поляризации излучения звезд в СССР принадлежат В. А. Домбровскому [71]. Опытные измерения поляризации электрофотометром велись и в Абастуманской обсерватории в 1948—1950 гг.

наблюдений и экспериментальных исследований в той области астрономической науки, которая служит изучению проблемы космического поглощения и строения Галактики.

§ 10. Общая характеристика состояния проблемы галактического поглощения и вытекающие отсюда задачи

Основная задача астрономии, заключающаяся в выяснении строения звездного мира, решается—в первом приближении—путем изучения числа и видимого пространственного распределения звезд различного блеска. Картина пространственного распределения звезд различных видимых зв. величин является основой наших представлений о действительном строении звездного мира.

Однако, наличие пространственного поглощения света звезд приводит к большому усложнению всех задач, в которых участвуют видимые величины звезд, и делает совершенно необходимым учет поглощения для внесения соответствующих поправок в видимое распределение звезд. Поглощение вносит ошибки в вычисления фотометрических расстояний звезд в Галактике, а следовательно и размеров Галактики, массы, звездных плотностей и т. п. Что касается звездных плотностей, то здесь же можно сделать следующие замечания. Ошибки, вносимые поглощением в вычисления пространственного распределения звездных плотностей, обусловлены тем, что поглощение света влияет на интегральное уравнение звездной статистики:

$$A(m) = \omega \int_0^{\infty} D(r) \varphi(M) r^2 dr,$$

в правой части которого имеем истинное расстояние r , в левой же—находимое из непосредственных наблюдений число звезд, имеющих искаженные поглощением звездные величины.

Но, если преобразовать правую часть к расстояниям r' , также искаженным поглощением света, то уравнение примет вид (Сирс [839], Паренаго [135], стр. 118):

$$A(m) = \omega \int_0^{\infty} D_1(r') \varphi(M) r'^2 dr'$$

связано с r' соотношением:

$$\log r' = \log r + 0.2 A(r).$$

$D_1(r')$, получаемая решением интегральных уравнений обычными способами, связана с истинной звездной плотностью $D(r)$ соотношением:

$$D(r) = D_1(re^{0.46A(r)}) e^{1.38A(r)} \left[1 + 0.46r \frac{dA(r)}{dr} \right].$$

Из последнего вытекает знаменитая теорема Зеелигера, утверждающая, что невозможно определять истинную плотность распределения звезд, не зная поглощения света и основываясь только на звездных подсчетах (П. П. Паренга [134], стр. 259). Это следствие открыло причину падения пространственной плотности распределения звезд во все стороны от Солнца, полученного в моделях строения Галактики по Каптейну или Зеелигеру.

Уже относительно небольшие значения поглощения, вводимые в вычисления, могут заметно изменить картину пространственного распределения звезд¹.

Естественно, что констатирование поглощения потребовало пересмотра всех задач, в решении которых участвуют видимые величины. Особенно необходим учет поглощения для направлений, заключенных в пределах $\pm 20^\circ$ галактической широты, а для областей, весьма близких к галактическому кругу, где поглощение достигает значительных величин, дискуссия звездных подсчетов без учета поглощения совершенно недопустима. Впрочем и высокие галактические широты не всегда и не вполне свободны от заметного влияния поглощения.

Кроме общего поглощения имеет место и избирательное поглощение. Последнее искажает цвета звезд и вносит ошибки в представления о распределении звезд по спектральным типам, если они определялись не

¹ В этом отношении показательна работа Бока [362, 364]. Из нее следует, что принятие величины 4.0 за поглощение на 1 кпс снимает падение плотности звезд во все стороны от Солнца. В связи с этим же можно вспомнить о том, что сомнения в существовании т. наз. Местной системы высказывались неоднократно в связи с тем, что не удавалось объяснить ее с динамической точки зрения. Предполагалось, что поглощение ответственно за видимую картину Местной Системы, которая, в общем, должна была быть иллюзорной. Но, в случае Местной Системы принятие для поглощения на 1 кпс значения даже около 4, хоть и меняет картину пространственного распределения звезд, тем не менее не снимает полностью увеличения плотностей в Местной Системе [381, 382, 134].

Исследование избирательного и общего поглощения в Местной Системе было выполнено в Абастуманской обсерватории методами цветовых избытков (М. А. Вашихидзе [33]) и звездных подсчетов ([202], автор). При этом не было обнаружено исключительной аномальности поглощения, которой можно было бы приписать все явление Местной системы. Следовательно, можно признать, что последняя существует, пусть не как резко выраженная динамическая единица, но как некоторое реальное повышение звездной плотности и космическое поглощение не является, во всяком случае, единственной причиной, вызывающей видимую картину Местной системы.

спектроскопически, а путем измерения показателей цвета. Эти обстоятельства искажают функцию светимости, меняют основные уравнения звездной статистики и тем самым весьма осложняют изучение проблемы строения звездного мира.

На протяжении предыдущих страниц мы видели, что изучению космического поглощения света, с целью определения поправок к видимому распределению звезд и исправления расстояний, а также с целью выяснения морфологии и физической природы межзвездного вещества, астрономами земного шара отдано огромное количество наблюдений и исследований. Эта проблема имеет вековую давность. Но, особенно много усилий посвящено ей за последние два десятка лет. Большинство из главнейших обсерваторий мира занималось или занимается этой проблемой в той или иной степени.

На протяжении предыдущих страниц мы видели, что данная проблема постоянно была в поле зрения русских и советских астрономов, внесших весьма существенный вклад в ее решение. Мы подробно описали первые—пионерские исследования русских астрономов, приведшие к открытию и установлению факта галактического поглощения света. Русские астрономы предложили эффективные методы исследования этой новой проблемы.

Мы убедились, что и за последние два десятка лет, когда работы над данной проблемой во всем мире протекали особенно оживленно, советские астрономы играли ведущую роль. Немало их исследований явилось в большой степени решающими и направляющими работами. Они, в одних случаях, сделали открытия, являющиеся доказательством существования галактического поглощения света (Б. А. Воронцов-Вельяминов). В других случаях они внесли окончательную ясность в вопросы, считавшиеся до того спорными (О. А. Мельников, Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго). В третьих—по новому осветили проблему (В. А. Амбарцумян, Ш. Г. Горделадзе) и дали совершенно новые методы изучения ее (В. А. Амбарцумян, В. Г. Фесенков, К. Ф. Огородников). Наконец,—раньше зарубежных ученых пришли к открытиям ряда новых явлений (Г. А. Тихов, Г. А. Шайн).

В Советском Союзе была создана наиболее разработанная теория поглощения (П. П. Паренаго), играющая большую роль в учете поглощения для исправления фотометрических расстояний. Многосторонние работы, посвященные изучению распределения и физических характеристик межзвездного вещества, выполнены и выполняются Московской звездно-астрономической школой, возглавляемой П. П. Паренаго. Кропотливыми исследованиями были охвачены большие области неба (В. В. Лавдовский, П. Ф. Шайн, М. Д. Берг и др.). Использована возмож-

ность применения внегалактической астрономии к задаче исследования галактического поглощения и показана универсальность поглощающей среды, т. е. заполнение ею и метагалактического пространства (М. С. Эйгенсои, М. А. Вашакидзе).

В целом, работы советских астрономов внесли огромный вклад в дело изучения проблемы космического поглощения, вообще, и избирательного — в частности. Эти работы подробно комментированы нами в соответствующих местах. Здесь заметим еще, что к заслугам советских астрономов следует, вместе с тем, отнести и постановку новых, планомерных наблюдений, служащих той же цели изучения космического поглощения. Тут необходимо вновь упомянуть о уже выполненной в Абастуманской астрофизической обсерватории работе по составлению Каталога показателей цвета 500 внегалактических туманностей (М. А. Вашакидзе) и о составленном там же Каталоге фотоэлектрических цветов ранних звезд (В. Б. Никонов). Мы позволим себе отнести и настоящую работу к планомерным усилиям советских астрономов в области изучения рассеивающей свет межзвездной материи.

Но последние работы были поставлены Абастуманской астрофизической обсерваторией с учетом того обстоятельства, что несмотря на большое количество работ и исследований, результаты, в целом, нельзя считать вполне удовлетворительными. Все еще остро ощущается необходимость накопления большой массы целеустремленно поставленных наблюдений и их интерпретации.

Результаты изучения нельзя еще считать вполне удовлетворительными, т. к. во многих отношениях они не всегда отличаются нужным согласием между собой. Разногласия и противоречия в результатах объясняются неоднородностью наблюдательного материала, разнообразием объектов и методов наблюдений, недостаточным охватом нужных направлений и малым проникновением в галактические пространства. Неопределенность, присущая нашим знаниям об истинных звездных расстояниях, которые входят в вычисления поглощения, усугубляет разноречивость результатов вычисления коэффициента поглощения. Но, эту разноречивость следует приписать не в меньшей степени и неоднородности поглощения в галактическом пространстве.

Эта неоднородность, иррегулярность поглощения весьма осложняет задачу. В связи с ней, для более или менее точного учета влияния поглощения на видимое распределение звезд или для должного исправления расстояний, вычисляемых для данных видимых величин звезд, необходимо изучать поглощение не в среднем для всего неба, или хотя бы для отдельных больших областей, а для индивидуальных

направлений и даже для отдельных глубин галактического пространства, ибо из клочковатого и иррегулярного строения поглощающей среды, а также и из неоднородной ее плотности следует, что величина и характер поглощения могут быть различны в разных направлениях и на разных глубинах вдоль данного луча зрения. Известно, что решение многих проблем звездной астрономии основано на среднем значении поглощения. Понятно, что в таком случае—в силу иррегулярности поглощения—они могут решаться лишь с относительным приближением. Для того, чтобы иметь возможность ближе подойти к решению задач, необходимо определять поглощение в индивидуальных направлениях. Исследование поглощения во многих индивидуальных направлениях является наиболее важной задачей в наше время.

Целые серии наблюдений и разнообразные исследования, осуществлявшиеся за последние два десятка лет с целью изучения космического поглощения и строения звездного мира, основаны, главным образом, на двух методах. Первым из них является метод звездных подсчетов. Хотя последний не очень точен, зато им можно охватить большие области, большие массы звезд и достичь больших галактических глубин. К этому методу широко прибегали и им пользуются и до настоящего времени в обширных масштабах. Это дает возможность получить общую характеристику распределения звезд, выявлять вместе с тем темные облака, их распространение на небе и по лучу зрения и т. д. и т. п.

Однако, исследование внешних неравномерностей в распределении звезд в отдельных областях лишь по одним звездным подсчетам приводит нас к трудно решаемому вопросу: какое из явлений—поглощающее вещество или действительная пространственная плотность звезд обуславливает наблюдаемые неравномерности. Вместе с тем, если для анализов звездных подсчетов прибегать к функции светимости, вид которой обусловлен некоторыми допущениями, то результаты могут оказаться далекими от истины, т. к. строго говоря, не известен действительный характер этой функции даже в окрестностях Солнца.

Вопрос может быть освещен подробным исследованием распределения звезд по спектральным классам и определением цветовых показателей звезд.

Последние составляют основу второго метода. Его применением непосредственно определяется избирательное поглощение. Общее же поглощение оценивается лишь косвенно, путем применения фактора, определяемого отношением общего поглощения к избирательному. Точности вычисляемого таким способом значения поглощения ставит предел не только точность определения этого отношения, но, зачастую, и неучет нейтраль-

ного поглощения. Так или иначе, изучение избирательного поглощения важно тем, что оно дает возможность по крайней мере оценить нижний предел общего поглощения. Непосредственное определение последнего является трудной задачей в связи с тем, что оно требует наблюдений или измерений, которые имеют характер абсолютных определений. Между тем, метод, основанный на применении спектров и показателей цвета, является методом относительных определений.

Но исследование избирательного поглощения, привлекающее к анализу спектральные данные и показатели цвета большого количества звезд, дает возможность, вместе с тем, решать задачи, связанные с характеристикой физической природы поглощения. Это важно, т. к. одни звездные подсчеты не доставляют нам сведений о физике межзвездной среды. Последние требуют колориметрических определений, т. е. оценок интенсивностей по крайней мере в двух участках спектра. В области физики поглощения, между тем, могут возникать и решаться разнообразные задачи общего и частного характера, а вместе с тем, и чисто астрофизического, а также и космогонического. В последнем случае дело может касаться трактовки данных о природе и распространении межзвездного вещества с точки зрения равновесия в Галактике, образования и эволюции космических частиц, взаимосвязи между звездным и межзвездным веществом или других общих вопросов развития Галактики.

Наконец, можно указать и на то, что определения показателей цвета, столь широко привлекаемых к исследованию поглощения, имеют и совершенно самостоятельные интерес и значение, независимые от проблемы космогонического поглощения. Следует подчеркнуть наконец и то, что избирательное поглощение, выводимое из цветовых измерений отдельных звезд, известно нам для точно определяемых отдельных направлений, совпадающих с направлениями на данные звезды. Иначе обстоит дело с общим поглощением, т. к. уменьшения видимой звездной яркости в результате межзвездного общего поглощения выявляются статистическими методами и их нельзя непосредственно применять к индивидуальным звездам или к резко ограниченными, индивидуальными направлениям.

Правда, исследование избирательного поглощения осложняется тем, что оно требует знаний спектральных характеристик большого количества возможно далеких, т. е. слабых звезд. А получение спектров слабых звезд требует более delicate средств исследования и много времени. Отсутствие спектральной классификации большого количества звезд, и при том слабых, затрудняет исследование поглощения. Оно всегда затрудняло эти исследования. Еще много лет тому назад вопрос о зависимости избытка цвета от расстояния вызывал много споров, в связи с тем, что, не говоря об яв-

лении собственного покраснения, неясен был вопрос о распределении поздних звезд в пространстве, на более далеких расстояниях. Лишь выполненная большими массами спектральная классификация звезд смогла решить этот, на первый взгляд, простой вопрос. Но вообще, способ избытков цвета в настоящее время естественно ограничен в смысле проникновения в глубины галактического пространства.

Основные преимущества метода цветowych показателей были давно оценены, и астрономы сделали его наиболее часто используемым средством исследования космического поглощения. В этой связи можно было бы называть цитированные выше наиболее ранние работы Г. А. Тихова ([1701 и др.) и ряда зарубежных астрономов (1846, 847, 841, 882, 455, 748, 8851 и др.)¹. Большие работы были осуществлены в 1928—1939 гг. в Упсальской обсерватории [793, 796, 799, 800, 974]. Следует отметить и предпринятые 15 лет тому назад цветowe определения в Каптейновых Площадах экватора и южного неба [750], привязываемые к данным уже выполненных спектральных определений в этих Площадах [321, 322, 324, 385]; наконец Гарвардские [375] и другие², одни из которых базируются на исследованиях малых областей, а другие распространены на большие области Млечного Пути.

В 1940 году в обсерватории Виндхок в южной Африке были предприняты определения цветowych избытков со снимками в нескольких участках спектра, при этом было сообщено о большом плане изучения избирательного поглощения в Южных участках Млечного Пути [875]. Но, судя по литературным данным, эта работа не реализуется в обещанных масштабах. К южному же Млечному Пути относятся и недавние исследования Хэйдена [538], но они основаны на определениях цветowych показателей ярких и немногих звезд типа В [1009].

¹ Известна, кроме них, работа Граффа [468, 470, 473], которая заслуживает быть отмеченной здесь, как попытка охватить однородными определениями большие области неба. Графф покрыл колориметрией все небо от 40° южного склонения до северного полюса. Сопоставление этих определений с данными Стеббинса, выполненное недавно, показало относительно хорошее согласие [478], что интересно методически, поскольку Графф пользовался для своих измерений визуальным колориметром. Но эта колориметрия охватывает лишь очень яркие звезды, и потому ее значение для исследования поглощения было мало.

² В попытках вычисления показателей цвета слабых звезд, не имеющих спектральной классификации, Бекер [337] в 1938 г. предложил способ определения пространственного покраснения слабых звезд на основе определения яркости в трех участках спектра путем применения соответствующих светофильтров и построения двух систем показателей цвета. Здесь разница между двумя градиентами служит критерием спектрального класса. Бекер иллюстрировал применение этого способа на примерах известных систем показателей цвета [377, 328, 334, 410]. Но, способ не нашел применения. При приложении его к слабым звездам, лишь для которых и мог он иметь смысл, встречается много трудно преодолимых практических осложнений.

Мы уже упоминали о работах Стеббинса и его сотрудников, показавших эффективность прецизионных электроколориметрических определений в целях исследования избирательного поглощения. Особенно эффективными являются исследования цветов ранних звезд типа В ввиду относительно малой дисперсии цветов и малого эффекта абсолютной величины для таких звезд. Малость ошибок спектральной классификации их также повышает эту эффективность.

Успехи, в расширении исследуемого спектрального участка [912, 913], сулят многие новые интересные открытия (см. также [518]).

Особенно интересны работы В. Б. Никонова, проведенные им в 1941—47 гг. в Абастуманской обсерватории, где он был занят построением электроколориметрического каталога фундаментального типа для звезд спектральных подклассов В8—В9. Новые методические принципы, тщательнейший учет атмосферного ослабления позволили ему существенно повысить точность по сравнению с другими аналогичными каталогами [120]. Повышение точности электроколориметрических определений делает возможным постепенный переход в фотоэлектрической колориметрии к более поздним звездам (типа А). Это имеет понятный интерес в смысле полноты исследования избирательного поглощения в Галактике. До сих пор же определения фотоэлектрических эквивалентов цвета в Абастуманской обсерватории распространены на звезды высокой светимости, — с характеристикой «с» (наблюдения Т. Г. Мегрелишвили, Н. Л. Магалашвили и др.).

Очевидно, что достигнутые успехи советской электроколориметрии обеспечат дальнейшее развитие определений в этой области и есть основания полагать, что будут получены новые важные результаты, тем более, если будет осуществлен задуманный в Абастуманской обсерватории переход на трехцветную электроколориметрию.

Данные существующих спектральных каталогов (НД, НДЕ, BSD и др.) сыграли и продолжают играть большую роль в деле исследования избирательного галактического поглощения.

Однако, в связи с постановкой в Абастуманской обсерватории специальных исследований (избирательное поглощение в отдельных, структурно интересных участках Млечного Пути, зависимость коэффициента поглощения от расстояния от видимого центра темной туманности¹ и др.) предпринята спектральная классификация относительно слабых звезд с помощью снимков с объективной призмой (опыты Т. А. Кочлашвили и И. Ф. Алания [4]). Уместно тут же отметить, что необходимость наиболее пол-

¹ Сообщение Шэнберга [828] не оставляет впечатления законченного исследования этого вопроса.

ного использования Абастуманского фундаментального каталога фотоэлектрических показателей цвета звезд типа В8—В9 (В. Б. Никонов [120]), вызвала введение собственных определений абсолютных величин звезд типа В. При этом используется накопленный в Абастуманской обсерватории опыт определения спектральных параллаксов по спектрам малой дисперсии (работа Н. Б. Каландадзе [73, 74] и Р. А. Бартая [20]).

В последнее время установлены стандарты красных фотографических величин для звезд Северного полярного ряда и в астрономической практике, благодаря успешным усилиям Гапошких в Гарвардской обсерватории [752, 750], стала довольно быстро распространяться фото-красная система величин, чему способствовали и успехи в выработке специальных пластинок, имеющих высокую чувствительность к красным лучам $\lambda\lambda$ 6200—6400 Å (см. также [715]). Это открыло новые возможности цветовым определениям и связанным с последними задачами (см. например, [415, 416, 417]). Преимущество красных величин в том, что базисная линия получается большой и показатели цвета должны быть точнее, хотя точность самих красных величин пока еще и мала¹.

Общие итоги исследования избирательного поглощения показывают, что рост избытка цвета с расстоянием, а также и с уменьшением галактической широты является почти общим правилом. В направлении на галактический центр избирательное поглощение значительно больше, чем в других направлениях. Но его величина в общем колеблется в довольно широких пределах.

Что касается работ, основанных на первом методе—на звездных подсчетах,—то надо отметить, что они велись с большим оживлением с тридцатых годов, осуществляясь впоследствии по обширной программе, охватывающей большие области Млечного Пути. Основная цель подобных подсчетов заключается в выяснении действительных звездных плотностей в определенных направлениях окрестностей Солнца в радиусе до 2-х килопарсексов. Эта цель вытекает из признания того обстоятельства, что настоящая, более приближающаяся к истине модель Галактики может быть построена путем детальных исследований в отдельных направлениях и на отдельных глубинах пространства. Осуществление этих обширных обзоров было возможно путем международной кооперации ряда обсерваторий. Это выразилось в большом количестве значительных работ, являющихся основой современных исследований деталей строения Млечного Пути в его отдельных

¹ По Сейферту [860] средняя ошибка красного индекса, определяемого им для внегалактических туманностей, достигает ± 0.19 зв. величины. Не отличаются большой точностью и определения Уиппла [994]. Определения красных величин совершенствуются усилиями Гэдике [466, 467] в Иельской обсерватории.

участках. Среди этих работ: исследования из серии *Investigations of Galactic Structure*, осуществленные главным образом в Гарвардской обсерватории [635, 688, 662, 663, 664, 665, 291] и в других местах¹. Для ряда новых работ характерен высокий предел проникновения—до 17-ой зв. величины (1862] и др.). Большим проникновением и возможностью широких обзоров астрономы обязаны привлекаемым в последние годы к наблюдениям большим и светосильным анаберрационным телескопам (см. напр., [284]).

Уместно отметить большую работу по фотграфическому обзору галактических скоплений с определением в них числа звезд, величин и показателей цвета, предпринятому в 1940 году Альтером [269, 271, 272, 276, 277, 278, 279]. Одна из этих работ интересна удачным применением автором способа обнаружения и оценки поглощения, основанного на рассмотрении поведения ($m-M$), относящихся к большому количеству звезд в ряде скоплений.

В кооперированной работе, основанной на звездных подсчетах, весьма успешно участвовала Пулковская обсерватория (В. В. Лавдовский [91] и др.). Известны большие ряды фотографических наблюдений, а также и исследований темных облаков, осуществлявшиеся в Пулкове в тридцатых годах и в предвоенные годы. Но, как было подробнее освещено выше, усилия советских астрономов были направлены и в сторону теоретических исканий, результаты которых дали основание серьезной критике советскими астрономами некоторых методов зарубежных астрономов, используемых при интерпретации данных о звездных подсчетах, а вместе с тем, и—разработке новых методов (К. Ф. Огородников, Р. В. Куницкий и др.).

Во многих из тех областей, где проводились звездные подсчеты, в последнее время осуществлялись также и исследования избирательного поглощения, что делает весьма полным изучение этих областей. Так, например, определяются показатели цвета, правда, не очень слабых звезд типа В8—А7 в обсерватории Иллинойс [292, 295]. В обсерватории Уорриер и Суэси определяются показатели цвета для звезд Каталога HDE в области Тельца [664]. (См. также [267, 646]). В последнее время наметилась тенденция к исследованиям спектральных типов и цветов в комбинации со звездными подсчетами в таких участках низких галактических широт, которые повидимому относительно мало подвержены влиянию местного иррегулярного потем-

¹ Работы [774, 600, 294, 295, 376, 374], большинство из которых относится к южным областям Млечного Пути. Следует заметить, что исключительно сложная видимая структура южных участков Млечного Пути делает их привлекательным объектом для исследования поглощения и звездных плотностей. В одних обсерваториях подсчеты звезд осуществляются с особым акцентом на область Большого раздвоения в Млечном Пути (обсерватория Иллинойс), в других—на область антицентра [665].

нения ([374, 376, 716, 717, 666] и др.). Можно считать, что в этих местах легче и целесообразнее вести исследования звездных плотностей. Последние получаются здесь более уверенными, именно в связи с отсутствием большого и иррегулярного поглощения и, наряду с этим, здесь можно достичь больших расстояний. Кстати, исследования последних 15 лет, выявившие, главным образом, области особенно значительных потемнений (обскураций), вместе с тем, выделили и относительно прозрачные участки и теперь можно на них сосредоточить дальнейшие исследования.

Многочисленные работы, осуществившиеся за последнее время, уже дали ряд интересных выводов как частного, так и общего характера. Они выяснили строение отдельных темных облаков или звездных областей, приблизили нас к решению задач о местных системах, о возможной спиральной структуре Галактики. Работы, основанные на звездных подсчетах с учетом поглощения, не только сделали известными общие черты строения Галактики, но и дали ряд вполне конкретных результатов, в отношении распределения плотности звезд в галактическом пространстве вокруг Солнца, в пределах около 2-х килопарсек¹.

Надо, однако, иметь в виду, что звездные плотности, вычисляемые в современных исследованиях, подвержены ошибкам до 30%. Значительную долю этих ошибок составляет влияние неточностей в общем поглощении, которое вычисляется, как мы отмечали, в большинстве случаев путем определения избытков цвета в исследуемых областях и умножения их на соответствующий фактор, оцененный на основе тех или иных соображений.

¹ Можно перечислить основные из этих результатов. Например, стало известно, что градиенты звездных плотностей в общем отрицательны по мере удаления от Солнца, за исключением некоторых направлений (напр., направления на ПК9). В направлении на антицентр установлен резкий отрицательный градиент: плотность на расстоянии в 2500 парсеков составляет лишь 20% плотности в окрестностях Солнца. Даже в местах, наименее пораженных потемнением, на низких галактических широтах, особенно в области галактического центра, поглощение достигает 1-ой зв. величины на килопарсек. Кроме того, выяснилось, что в наиболее прозрачных направлениях Млечного Пути фотографическое поглощение около 0.5 зв. величины на килопарсек в пространстве глубиной в 2 килопарсека. Далее оказалось, что в направлении на центр Галактики плотности прежде падают, а затем начинают возрастать и что существуют местные сгущения звезд, особенно звезд типа В8—А2. Наконец установлен ряд направлений с постоянными плотностями звезд [367]. Но, по недавнему исследованию Ш. Т. Хаббл и Буллина [199] сечение Галактики в направлении на центр показало сильное увеличение зв. плотности (см. § 4). В направлении к антицентру на некотором расстоянии отмечено прекращение падения звездной плотности. Сказанное относится, разумеется, к окрестностям Солнца, которое как бы находится между двумя ветвями спирали, если учесть при этом, что в направлениях на галактические полюсы подтверждается разрежение звездной плотности.

Но, насколько уверенно оценивается этот фактор? Были ли осуществлены достаточные определения и исследования, нужным образом поставленные? Правда, оценок отношения $\frac{\text{общее поглощение}}{\text{избыток цвета}}$ сделано много, как в отдельных облаках и областях, так и для отдельных направлений, но характерно, что Оорт, посвятивший столько усилий изучению звездных плотностей, можно сказать, оставил эту задачу, в применении к низким галактическим широтам, нерешенной в ожидании большего числа данных о цветах и о величине данного отношения [732].

Для опытного определения зависимости между общим и избирательным поглощением было бы важно широкое использование собственных движений для независимых оценок поглощения по методу, разработанному в Пулковской обсерватории. Этой же цели могут эффективно служить подсчеты звезд или внегалактических туманностей и измерения избытков цвета звезд в одних и тех же направлениях. Одновременными независимыми определениями из наблюдений общего и избирательного поглощения и их сопоставлениями следует подробно изучить нейтральную составляющую межзвездной материи и учитывать ее должным образом. Множитель же, определяющий зависимость общего поглощения от избирательного, если им пользоваться, целесообразнее вычислять по новой формуле, предложенной в Абастуманской обсерватории М. А. В а ш а к н д з е и учитывающей в законе поглощения изменение показателя степени α с длиной волны.

Данные о показателях цвета, являющиеся основой исследования самого избытка цвета, в настоящее время не обладают полнотой и однородностью, нужными для их уверенного применения.

Не вполне уверенный учет поглощения, особенно на низких широтах в направлениях, для которых характерна сложная видимая структура, оставляет результаты анализа звездных подсчетов далеко не совершенными. В связи с этим остаются неясности даже в отношении характеристик общего структурного вида Галактики, разногласия в вопросе о месте Солнца в галактическом пространстве относительно рукавов спиралей или объемов пониженной или повышенной звездной плотности и т. д.

Таким образом, ознакомление с современными работами приводит нас к выводу, что в общем проблема Строения Галактики пока еще далека от полного решения, несмотря на то, что затрачено огромное количество наблюдений, работ и усилий и собрана масса данных относительно многих отдельных явлений.

В прошлом, при решении проблемы Галактики, основное внимание исследователей было сосредоточено на изучении общей формы и размеров Млечного Пути. И несмотря на то, что даже эту общую задачу нельзя

считать пока еще строго решенной, внимание исследователей за последние 10—15 лет стало направляться в сторону изучения отдельных структурных деталей Галактики. Впрочем, само изучение общей задачи показало, что если мы хотим выяснить точную картину строения Галактики, то должны вести детальное, кропотливое изучение индивидуальных участков и направлений.

Но, не зная поглощения во всех этих индивидуальных участках и направлениях, мы не можем знать и настоящего строения Галактики. Тем более, что при обзоре вышеназванных работ, мы могли убедиться, что нельзя принять такую модель Галактики, в которой межзвездное вещество было бы представлено содержащимся в слое геометрически правильной формы, имеющим однородную плотность.

И раз наметилась необходимость находить отдельные численные значения плотностей в различных направлениях и на различных расстояниях, то поглощение также должно изучаться в отдельных направлениях и на различных глубинах галактического пространства. До такого изучения, всякие структурные представления или модели грубо приближительны и сглажены. Исследование поглощения именно таким образом необходимо и в связи с концепцией, согласно которой поглощение вызывают, главным образом, отдельные облака космического вещества. Работы советских астрономов утвердили эту концепцию и нельзя не считаться с нею.

Одним словом, вся задача детального изучения строения Галактики неотделима от детального изучения пространственного распределения и, вместе с тем, и физического и химического изучения галактической пылевой и газовой материи. Следует признать что структуру Галактики достаточно полно можно охарактеризовать лишь детальным исследованием распределения и природы темного, т. е. поглощающего вещества, наряду с распределением светлой материи, т. е. звезд.

Изучение поглощения с должной полнотой может базироваться на определениях ряда основных астрономических величин и, в первую очередь, — видимых звездных величин, спектральных классов и цветов (показателей цвета).

При этом задача распадается на ряд отдельных.

Во-первых, определение показателей цвета и спектральных типов должно распространяться на все более слабые звезды. И это касается не только фотографических показателей цвета, но и фотоэлектрических. Последние охватывали до сих пор лишь звезды типа В. Для полноты исследования уже созревает необходимость перехода и к звездам более поздних

классов. В Абастуманской обсерватории осуществляется этот переход на звезды типа А. Естественно, что необходимо, наряду с переходом к наблюдениям более поздних звезд, настойчиво увеличивать проникновение для этих наблюдений.

Замена обычной двухцветной колориметрии трехцветной явилась бы существенным расширением метода показателей цвета¹.

Наблюдаемые данные об избытках цвета и в частности об их связи с расстоянием необходимо увеличивать всяческими средствами и не только путем распространения определений на более слабые объекты, (например, слабые долгопериодические цефеиды и слабые внегалактические туманности), что планируется Абастуманской обсерваторией, как развитие своих работ, если удастся увеличить проникающую способность аппаратуры введением фотографирования на фотовизуальной эмульсии без применения светофильтров (опыты Д. Я. Мартынова). Но, надо бы, вместе с тем, привлекать к исследованию и другие объекты, дающие возможность вычисления избытков цвета без наличия для них специальной спектральной классификации. Таковыми являются, например, короткопериодические цефеиды — переменные типа RR Лиры, для которых известна их принадлежность в максимуме блеска к спектральному типу А0—А3. Так как эти звезды расположены и вблизи галактической плоскости и на больших галактических широтах, они являются объектами заслуживающими внимания с точки зрения нашей проблемы. В Абастуманской обсерватории кладется начало определениям цветов группы этих звезд.

Исследование поглощения в глобулах представляет собой особый интерес, поскольку возможно, что глобулы связаны со средой, порождающей звезды.

Разумеется, перед исследователями проблемы космического поглощения стоят и задачи другого характера. Среди них можно назвать создание наиболее полного, современного каталога галактических темных туманностей; развитие работ по спектрофотометрии звезд в возможно далекие инфракрасную и ультрафиолетовую области (например, применением телескопов нового типа — О. А. Мельникова); спектрофотометрию туманностей (В. А. Домбровский [72]). Совершенно очевидно, что наиболее полное применение новой методики академика Г. А. Шайна для выявления и изучения водородных туманностей или развитие наблюдений с электронным преобразователем (А. А. Калинин, В. И. Красовский, В. Б. Никонов) могут сыграть огромную роль. Необходимо не только повысить разрешающую способность аппаратуры и уточнить и детализировать кон-

¹ В этом отношении представляют интерес исследования Бекера [337, 343, 351, 345, 346, 347, 348].

туры галактического ядра, но и заняться планомерным выявлением отдельных «местных» звездных уплотнений и «нащупыванием» звездных масс в областях неба, пораженных большим поглощением. Представляется весьма вероятным (и наш материал дает на это указание), что уплотнения звезд и межзвездного вещества в общем должны совпадать в пространстве и что, следовательно, места видимых дефицитов звезд на самом деле должны быть наиболее густо населены звездами. Такая постановка вопроса может по новому ориентировать интересы будущих исследований. Наконец, другие новые средства исследования (радионаблюдения и поляриметрические наблюдения) сулят много новых открытий. В частности, радионаблюдения не только укажут на распространение некоторой невидимой нам материальной среды, но могут, вместе с тем, привести к обнаружению та кой среды, в которой формируются обычные светящиеся или несветящиеся небесные тела (звезды, планеты).

Радио- и поляриметрические наблюдения могут прибавить новые данные к нашим, пока еще скудным, сведениям о физической природе межзвездной среды, после чего теоретические исследования в этой области могут освободиться от множества произвольных допущений и формализма, характерного для многих зарубежных исследований, и стать на более надежную почву физических фактов.

Важнейшей теоретической задачей нам представляется уяснение взаимосвязи между звездной и межзвездной материей. Новые способы наблюдения, регистрация и изучение водородных туманностей, а наряду с этим, и поиски полос изотопов в спектрах межзвездного вещества (Г. А. Ш а й н. [225, 227]) прибавят многое нашим возможностям решить эту важную задачу.

Такие теоретические задачи как, например, динамика звезд высокой светимости в диффузной среде, должны решаться с учетом роли взаимодействия звезд с пылевым веществом (Т. А. А г е к я н).

Возвращаясь однако к задаче исследования поглощения методом цветных избытков, надо учитывать, что всякие статистические выводы, основанные на данных о цветах могут быть достаточно надежны, когда они основаны на большом количестве звезд, расположенных к тому же на различных и возможно больших расстояниях. При этом материал должен быть однороден в смысле проникновения до равных глубин во всех направлениях, количества звезд в сравниваемых между собой участках, точности и т. д. Весьма трудно эффективно использовать разный материал для построения общих представлений. Различный материал обна-

руживает расхождения в результатах даже в отношении отдельных, конкретных вопросов¹.

До сих пор исследования избирательного поглощения в значительной степени были сосредоточены лишь в темных облаках и в случайных областях или в открытых скоплениях, а отдельные стремления к исследованию избирательного поглощения систематическим образом, с целью локализовать окрашивающую материю на больших поверхностях неба, не осуществлялись в полной мере.

Между тем надо, чтобы исследованиями было охвачено возможно большее количество направлений. При этом должны быть охвачены направления как вблизи плоскости Млечного Пути, так и вдали от нее, так как первые интересны в связи с исследованием преимущественно локальных образований, вторые же — в связи с уточнением общих структурных характеристик Галактики, а вместе с тем, и потому, что темные облака, хотя и концентрируются преимущественно около галактического экватора, но в отдельных случаях встречаются и на высоких галактических широтах². Вместе с тем, внимания к себе требуют не только направления на центр Галактики; и в антицентре не могут не быть пораженные поглощением участки [372, 369].

Само собой разумеется, что было бы весьма интересно распространить исследование избирательного поглощения шире на области, исследованные в отношении общего поглощения, хотя бы для того, чтобы проверить насколько сложна структура избирательно поглощающего вещества. Вместе с тем, это позволит надежнее определить значение фактора для перевода цветового избытка в общее поглощение, что является важнейшей задачей.

Необходимость изучения избирательного поглощения, на основе массовых определений показателей цвета звезд, во многих направлениях и на разных глубинах, вытекает и из идей П. П. Паренного, высказанных им в работе [132], и касающихся построения кривой поглощения $A(r, b, l)$, могущей представить последующее приближение к более совершенному учету поглощения. Представление поглощения математически как функции галактических широты и долготы и расстояния, приобретет боль-

¹ Характерен пример: Цуг, по данным открытых звездных скоплений получил максимальное покраснение для галактической долготы 40° , т. е. там, где Стеббинс показал минимальное покраснение для ярких звезд В. Таким образом, не удалось хотя бы исследование зависимости покраснения от долготы, на основе различного материала. Это и понятно, т. к. звездные скопления и В-звезды расположены на различных расстояниях.

² Хаббл в работе [560] нашел участки с широтой около 40° градусов, где число туманностей меньше среднего числа для данной галактической широты.

ший смысл, когда будут учитываться характеристики индивидуальных направлений и будет резко уменьшено влияние произвольных осреднений.

Можно признать, что многие вопросы нельзя считать решенными не потому, что имеются принципиальные трудности, а лишь по той причине, что мы до сих пор вынуждены пользоваться недостаточным, по охвату направлений и глубин, и неоднородным материалом.

Необходимо также повышать точность определения как спектров, так и цветов. В отношении последних, с этой точки зрения, важнейшую роль могут сыграть фотоэлектрические определения, которые дают прекрасный материал для изучения избирательного галактического поглощения.

Все это, вместе взятое, может дать весьма ценный материал, который способен создать хорошую базу для исследования структурных особенностей Галактики.

Таким образом, несмотря на то, что осуществлено огромное количество разнообразных наблюдений и исследований, для полного разрешения проблемы остается еще выполнить наблюдения большого количества объектов и исследовать еще очень много деталей.

Проблема космического поглощения, со всеми объемлющими ее основными задачами—изучением пространственного распространения поглощающей массы, вычислением ее влияния на видимые яркости и цвета звезд и выявлением ее физической природы—еще долго будет служить наиболее актуальной областью астрономических исследований. Исследование избирательного поглощения в Галактике является ближайшей и первоочередной задачей в этой проблеме. Ее конечная цель заключается в том, чтобы вывести общее поглощение, учесть его влияние на наблюдаемое распределение звезд и прийти к истинной картине пространственного распределения космической материи. Эта задача может быть удовлетворительно разрешена лишь после того, как все небо будет достаточно покрыто сетью участков, содержащих определения показателей цвета и спектральных классов. Но прежде всего необходимо стремиться к массовым определениям цветовых показателей возможно большого количества и возможно слабых звезд.

Подобные определения должны вестись, как мы убедились выше, по возможности, во многих индивидуальных направлениях. Но, ведь невозможно ведение этих исследований во всех направлениях, без ограничений. Поэтому и в данном случае можно опираться в первую очередь на известный «План Каптейна», осуществление которого рассчитано на соединенные усилия многих обсерваторий мира и на труд нескольких поколений астрономов.

«План Каптейна» был введен, как некоторый выборочный метод, именно в связи с тем, что развитие представлений о строении Галактики пот-

ребовало изучать последнюю в деталях, в индивидуальных направлениях, избегая слишком грубых осреднений и построения слишком упрощенных схем.

Площади Плана Каптейна расположены в разных направлениях и содержат определения многих характеристик звезд, расположенных в них, так чтобы они представляли, по возможности, все разнообразие звездного мира. Среди этих характеристик имеются звездные величины, собственные движения, параллаксы, спектральные типы—величины, с которыми могут быть целесообразно комбинированы данные о цветах. С точки зрения исследования избирательного поглощения света методом цветовых избытков, главный интерес представляет наличие во многих Площадах Каптейна спектральной классификации для относительно слабых звезд. В Площадах Каптейна и должны быть поэтому в первую очередь концентрированы наши усилия по определению показателей цвета, вычислению цветовых избытков и исследованию галактического поглощения света звезд. Хотя надо признать, что с точки зрения современных представлений в области структурной астрономии, имеются серьезные основания для критики Плана Каптейна.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗВЕЗД ОТ 10.3 ДО 13.3 ЗВЕЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

§ 1. Вводные замечания

В настоящей—второй—главе нашей работы освещены вопросы, связанные непосредственно с определением показателей цвета звезд.

Задача и план работы,—так, как они определяются состоянием проблемы, характеризованной в предыдущей главе,—изложены в начале данной главы. Описывается наблюдательная аппаратура,—включая фотографические камеры, светофильтры и фотопластинки,—метод наблюдений и способы фотографической и фотометрической обработки негативного материала. Вывод фотографических и фотовизуальных звездных величин рассмотрен отдельно и установлена их связь с так называемой интернациональной системой. При этом выведены формулы перехода от наших величин или цветовых показателей к интернациональным. Вместе с тем, дана характеристика эффективных длин волн нашей системы. Характеристике ошибок наших определений посвящен отдельный параграф, хотя мы затрагивали этот вопрос в различных местах данной главы, попутно, при изложении всего материала.

§ 2. Задача и план работы

Настоящая работа ставит своей целью: 1) определение показателей цвета большого количества звезд до 13.3 звездной величины и 2) исследование избирательного поглощения в разных направлениях и на разных глубинах галактического пространства на основе цветовых избытков, получаемых сопоставлением наших показателей цвета с известными данными спектральной классификации звезд.

Для исследования мы выбрали направления, соответствующие центрам Площадей известного общего Плана Каптейна. Хотя Площади Каптейна не дают для поставленной цели идеальной сетки направлений, тем не менее такой выбор оправдан рядом обстоятельств, не говоря еще раз о соображениях, изложенных в самом конце предыдущей главы.

Эти обстоятельства следующие:

1) центры все-таки распределены по небу с полнотой, относительно удовлетворительной для того, чтобы целесообразно подобрать их соответственно направлениям низких, средних и высоких галактических широт;

2) к моменту, когда предпринималась наша работа, уже было опубликовано два тома Бергедорфского каталога спектральной классификации [832, 833], относящихся к нескольким десяткам Площадей Каптейна. Мы могли пользоваться ими не только как рабочим каталогом, предоставляющим нам координатную систему для отождествления звезд на пластинках, но и как источником спектральных данных, нужных для вычислений избытков цвета;

3) предполагалось, что Каталог, о котором идет речь, будет распространен их авторами на все 115 Площадей Каптейна северного неба и экватора, благодаря чему, в будущем, и мы могли бы распространять наше исследование на большее количество направлений, по мере опубликования последующих томов спектрального каталога¹.

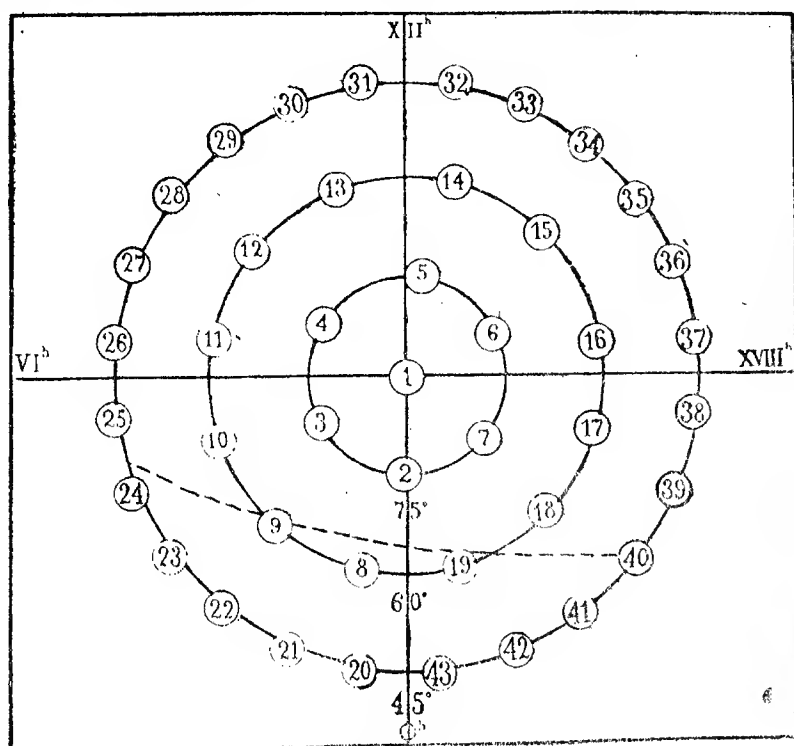
Находящиеся в нашем распоряжении 2 тома Бергедорфского спектрального каталога, который в дальнейших ссылках мы будем кратко обозначать через БСО (Бергедорфское Спектральное Обзорение), содержат 43 Площади Каптейна от № 1 до № 43, расположенные в Северном полюсе и на кругах, соответствующих склонениям $+75^\circ$, $+60^\circ$ и $+45^\circ$ (см. чертеж 1, представляющий плоскую проекцию некоторой части северной полусферы неба, с точкой Северного Полюса в центре проекции. На чертеж нанесены сетка экваториальных координат и Площади Каптейна №№ 1—43; пунктирной линией отмечено положение дуги галактического круга).

Площади Каптейна, обозначаемые нами в дальнейшем через ПК, распространены в каталоге БСО на площадь 3.5 на 3.5 градуса, т. е. в 12.25 кв. градуса каждая. Они содержат примерно от 600 до 3.000 звезд каждая, причем число звезд в каждой Площади, естественно, находится в зависимости от галактической концентрации звезд. В двух томах БСО помещено всего около 65 тысяч звезд до 13.0 и 13.5 зв. величины. А это значит, что мы могли предпринять массовые определения показателей цвета звезд в таких пределах блеска, которые доступны располагаемой нами аппаратуре и которые, вместе с тем, соответствуют интересам, вытекающим из современного состояния проблемы.

Действительно, мы увидели выше, что в настоящее время задача заключается в определении плотностей в пространстве, пока хотя-бы с радиусом в 2—2.5 кпс, т. е. в пределах досягаемости до звезд В и А 13.0—13.5 зв. величины.

¹ В настоящее время мы действительно ведем систематические определения показателей цвета звезд в Площадах Каптейна №№ 44—67, содержащихся в третьем томе Бергедорфского Каталога.

В БСО представлены звезды всех спектральных классов, без какой-либо селекции. Поэтому мы были относительно свободны в выборе звезд для наших определений показателей цвета. Вместе с тем, даже только ПК №№ 1—43 дают возможность исследовать как те направления, которые совпадают с галактическим экватором, так и те, что составляют с последним малые, умеренные и большие углы.



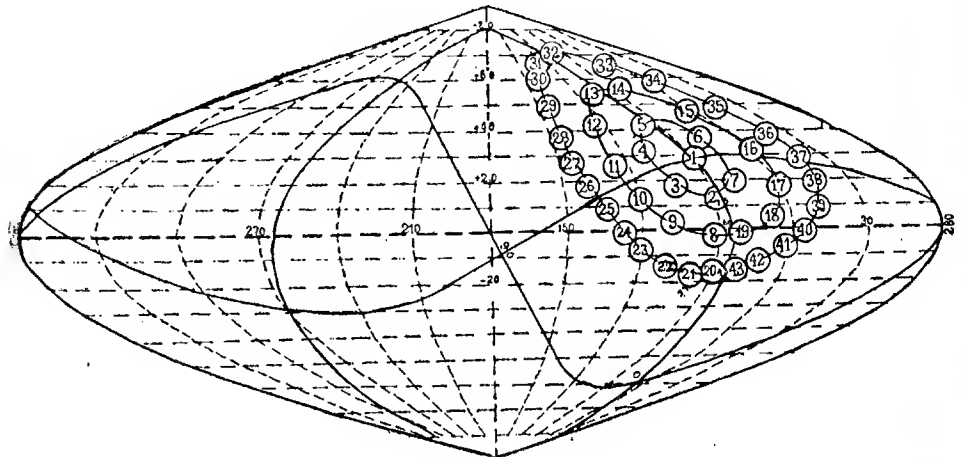
Чертеж 1

С другой стороны, нельзя не признать, что количество наших ПК, т. е. исследуемых нами направлений, вообще, мало. Отсутствие среди них направлений, совпадающих с центром Галактики, также является недостатком распределения наших Площадей.

Исследованные нами ПК 1—43 представлены на чертеже 2, изображающем схему Галактики, с нанесенными на ней сетками галактических и экваториальных координат.

В каждой ПК мы могли выбрать по несколько сот звезд разных спектральных классов. Естественно, что на высоких галактических широтах число звезд должно быть у нас заметно меньше, чем на низких. Кроме того, на высоких широтах мы стеснены и в смысле выбора звезд разных классов.

Так или иначе, мы поставили себе задачей определение показателей цвета от 400 до 450 звезд в каждой Площади Каптейна, вблизи галактического круга и до 250 звезд в каждой Площади—вдали от него. При этом мы старались захватить по возможности больше из ранних звезд, особенно в тех Площадах, которые были бедны последними. Поэтому, в некоторых случаях, мы использовали всю или почти всю поверхность Площадей БСО, хотя и опускали в них большое количество звезд. Такой способ выбора звезд имеет свой недостаток, связанный с тем, что, как показано ниже, в некоторых случаях, поглощение меняется с изменением направления даже в небольших пределах одной Площади.



Чертеж 2

Наши определения охватили звезды всех спектральных классов от В до К, включительно. Правда, возможность непосредственного использования поздних звезд для вычисления избытков цвета ограничена, когда отсутствует деление звезд на гиганты и карлики. Но, мы все-таки решили определять показатели цвета и для них. Эти величины представляют интерес и сами по себе, а кроме того, все же возможно их использование и в наших целях на том основании, что пространственное покраснение может быть констатировано, если дисперсия цветов, характерная для звезд поздних спектральных классов, больше нормальной величины. Впрочем, в каталоге БСО встречаются также и звезды с делением их на гиганты и карлики, и из анализа их цветов мы могли извлечь дополнительные сведения в тех же целях исследования избирательного поглощения.

Если оставить в стороне вопрос о делении звезд на гиганты и карлики, чего в общем все же нет в каталоге БСО, то недостатком последнего, с точки зрения применения для нашей задачи, является то, что его предел проникновения или, как говорят, предельная величина не постоянна, а

различна для разных Площадей, уменьшаясь в среднем с приближением к галактическому кругу.

Что касается точности спектральной классификации и постоянства ее ошибок, что очень важно с точки зрения применения к нашей задаче, то они удовлетворительны.

В целом же однородные спектральные данные, содержащиеся в этом Каталоге, дающем обширный материал спектральной классификации, делают его весьма ценным вообще, а в частности и для наших целей.

Таким образом, вкратце, план нашей работы заключается:

1) в определении, фотографическим путем, показателей цвета 14.000 звезд от 10.3 до 13.3 звездной величины в Площадах Каптейна №№ 1—43, в среднем для 250—450 звезд в каждой Площади;

2) в вычислении избытков цвета этих же звезд, пользуясь спектральными данными БСО, и

3) в исследовании—на основе цветовых избытков — избирательного поглощения в 43-х направлениях, на разных глубинах галактического пространства.

Ниже мы приводим список ПК, вошедших в наше исследование. В таблице III ПК распределены по группам, в которые они собраны по признаку галактических широт.

Таблица III

Группа	Средн. галакт. удаление	Пределы галакт. широт	ПК, содержащиеся в группе	Количество ПК в группе	Колич. звезд в группе
I. галакт. плоскость.	0°	0°—3°	8, 9, 19, 24, 40	5	1758
II; низкие широты	6.5	6—9	18, 23, 25, 39, 41	5	2381
III; умеренные широты	16.5	13—20	2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42, 43	12	4392
IV; средние широты	34	27—42	1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36, 37	11	3140
V; высокие широты	58.5	48—72	13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	10	2329

Таблица IV содержит список всех ПК, вошедших в наше исследование, с указанием экваториальных и галактических координат их центров, а также и созвездий, в которых они находятся. При этом, ПК расположены здесь по вышеназванным группам. Таким расположением ПК мы будем пользоваться и в дальнейшем, почти во всех нижеприводимых таблицах.

Экваториальные координаты относятся к равноденствию 1900 года. Соответствующие им галактические координаты относятся к полюсу:

$\alpha = 12^h 41^m .3$, $\delta = +27^\circ 21'$ (см. Harvard Annals, 101).

Таблица IV

Группа	№№ п. п.	ПК	α 1900	δ 1900	l	b	Созвездие
I	1	8	1 ^h 00 ^m	+60°10'	92°	-2°	Кассиопея
	2	9	3 04	+60 20	106	+3	Жираф
	3	19	23 23	+60 00	81	-1	Кассиопея
	4	24	4 39	+44 50	128	0	Возничий
	5	40	20 47	+45 00	53	0	Лебедь
II	6	18	21 24	+60 10	68	+6	Цефей
	7	23	3 39	+45 00	120	-7	Персей
	8	25	5 37	+44 50	133	+9	Возничий
	9	39	19 47	+44 50	47	+9	Лебедь
	10	41	21 50	+45 00	61	-8	"
III	11	2	0 05	+75 20	88	+13	Цефей
	12	3	4 08	+75 00	102	+18	Жираф
	13	7	20 24	+75 10	76	+20	Дракон
	14	10	5 08	+60 10	118	+13	Жираф
	15	17	19 23	+60 10	59	+19	Дракон
	16	20	0 40	+45 20	89	-17	Андромеда
	17	21	1 36	+45 00	99	-17	"
	18	22	2 38	+45 10	111	-13	Персей
	19	26	6 36	+44 50	138	+18	Возничий
	20	38	18 46	+45 10	42	+18	Лира
	21	42	22 49	+45 10	70	-13	Ящерица
	22	43	23 50	+44 50	80	-17	Андромеда
IV	23	1	8 00	+89 00	91	+28	Малая Медведица
	24	4	8 04	+74 50	107	+32	Жираф
	25	15	12 28	+75 00	91	+42	Дракон
	26	6	16 14	+74 50	75	+36	Малая Медведица
	27	11	7 07	+60 00	123	+27	Рысь
	28	12	9 03	+59 40	123	+41	Большая Медведица
	29	16	17 29	+59 50	56	+33	Дракон
	30	27	7 38	+44 50	141	+20	Рысь
	31	28	8 40	+45 00	143	+39	"
	32	36	16 46	+45 20	38	+39	Геркулес
	33	37	17 49	+45 00	39	+28	"
V	34	13	11 03	+59 50	111	+53	Большая Медведица
	35	14	13 22	+59 30	81	+57	"
	36	15	15 17	+59 50	62	+48	Дракон
	37	29	9 39	+44 50	141	+50	Малый Лев
	38	30	10 37	+45 10	135	+60	Большая Медведица
	39	31	11 37	+44 40	123	+68	"
	40	32	12 51	+44 50	84	+72	Гонимые Псы
	41	33	13 50	+45 10	57	+67	"
	42	34	14 48	+45 00	43	+59	Волопас
	43	35	15 49	+44 50	39	+49	Геркулес

§ 3. Наблюдательная аппаратура

При накоплении наблюдательного материала мы пользовались методом фотографирования с фильтрами в двух участках спектра.

Фотографические наблюдения были выполнены на двух параллельных 20-сантиметровых фотографических камерах, смонтированных на 40-сантиметровом рефракторе Абастуманской обсерватории. Рефрактор был установлен в Абастуманской обсерватории в 1935 году, а осенью 1937 года на нем было приступлено к систематическим наблюдениям.

Но накоплению материала для данной работы предшествовало подробное исследование наблюдательного инструмента, в частности, — его оптических характеристик. Результаты опубликованы в наших совместных с М. А. В а ш а к и д з е статьях в Бюллетене Абастуманской астрофизической обсерватории [211, 212, 42, 213]. В этих же статьях дано подробное описание 40-см рефрактора и 20-см камер, в целом. Поэтому, мы не будем здесь повторно описывать их. Отметим лишь, вкратце, наиболее существенные для данного исследования характеристики.

Объективы камер являются сложными четырехлинзовыми системами. Отверстие каждого из них 200 миллиметров, а фокусное расстояние 99 сантиметров. Таким образом, они имеют светосилу 1:5 и дают масштаб, при котором одному миллиметру в линейной мере соответствует (на пластинке) дуга в 3.5 минуты на небесной сфере. Поверхность неба, покрываемая пластинкой размером в 18 на 24 сантиметра, равна 10.5 на 14.0 град. Однако, годное фотографическое поле на пластинках значительно меньше. Центрировка объективов камер проверялась элементарным автоколлимационным способом. Проверку центрировки приходилось делать время от времени, повторно, тем более, что одна из камер, именно камера № 2, дважды снималась за время наших семилетних наблюдений и отправлялась в дальние экспедиции по наблюдению полных солнечных затмений¹.

Качество объектива характеризуется вообще тремя функциями, выражающими изменение положения фокуса в зависимости от трех параметров: 1) расстояния луча, проходящего сквозь объектив, от центра последнего — r , 2) угла φ данного радиуса r относительно произвольно выбранного начального диаметра объектива и 3) длины волны луча — λ . Т. о., положение фокуса можно представить функцией $D = f(r, \varphi, \lambda)$.

Если через r_0 , φ_0 , λ_0 обозначить постоянные или средние значения радиуса, угла и длины волны, тогда функции

$$f'(r, \varphi_0, \lambda_0), f''(r_0, \varphi, \lambda_0) \text{ и } f'''(r_0, \varphi_0, \lambda)$$

выразит изменение положения фокуса в зависимости от расстояния

¹ В самое последнее время, при полном профилактическом ремонте 40-см рефрактора бригадой механиков завода, была выполнена центрировка объективов с применением специальной центрировочной трубки.

от центра объектива r , от угла φ и от длины волны излучения λ , соответственно [819, 98, 78]. Другими словами, эти функции представляют собой три из основных характеристик объектива: сферическую aberrацию, астигматизм и хроматическую aberrацию, соответственно.

Апланатичность примененных нами объективов оказалась удовлетворительной. Это касается особенно объектива № 2. В пользу этого говорит и вычисление так называемой «технической постоянной» объектива, представляемой формулой [525, 526]:

$$T = \frac{200\,000}{F^2} \frac{\sum [r^2 (D^r - D)]}{\sum r}$$

где F — фокусное расстояние объектива, выраженное в миллиметрах, — радиус зоны, D^r — положение фокуса, соответствующего зоне r , а D — среднее положение фокуса. По существу T является наименьшим диаметром изображения, обусловленным одной лишь сферической aberrацией [628], будучи выраженным при этом в стотысячных долях фокусного расстояния объектива. По критерию Гартмана [526], объектив № 1 можно отнести к классу «хороших» объективов, второй же по качеству еще лучше ($T=1.03$ и 0.51 , соответственно).

Кривые сферической aberrации для обеих 20-см камер приведены в [211].

Для определения астигматизма вычислялись разности

$$\Delta = D_\varphi^r - D^r$$

представляющие собой отклонения положений фокуса для углов φ от фокуса, соответствующего начальному диаметру объектива [525].

Выяснилось, что объектив камеры № 2 больше подвержен астигматизму. Однако, вообще астигматизм относительно мал у обоих объективов [211].

Хроматическая aberrация объективов была исследована тем же методом Гартмана, причем было использовано два фильтра Шотта BC_8 и GG_{11} в комбинации с фотопластинками Ильфорд Монарх и Империял Панхроматик 400, соответственно. Этой комбинации соответствуют эффективные длины волн 4150 и 5520 Å. Таким образом, непосредственное определение фокусного расстояния производилось лишь для двух участков спектра, а для промежуточных значений длин волн положения фокуса вычислялись на основании интерполяционной формулы Коши, выражающей показатель преломления как функцию длины волны [197, 819].

Хроматические кривые объективов №№ 1 и 2 показаны в работе [212].

Объективы оказались относительно удовлетворительны в смысле исправления хроматической аберрации в пределах 3900—4650 Å. Это особенно касается объектива № 2. После того, как на обсерватории была получена объективная призма, А. Ф. Торонджадзе [171] детально исследовал хроматическую аберрацию объектива № 2 и пришел к выводу, что объектив хорошо ахроматизован для участка 3850—4600 Å. В настоящее время камера № 2 интенсивно используется в комбинации с объективной призмой для некоторых спектральных исследований. Хроматические характеристики объектива не препятствуют успеху этих исследований.

Способность проникновения объективов была вычислена по формуле:

$$m_0 = m + \frac{p}{0.4} \log \frac{t_0}{t}$$

Как известно, параметр p , входящий в это соотношение, зависит от сорта фотопластики и длины волны и интенсивности действующего светового потока. В связи с этим, формулы, заключающие в себе параметр p , уверенное определение которого к тому же вообще довольно трудно, следует применять с осторожностью [256]. Но, мы имели возможность проверить результаты вычислений, выполненных с помощью этих формул, данными эмпирических определений, что давало нам удовлетворительное согласие.

Были получены формулы, служащие для определения соотношения между продолжительностью экспозиции и величиной самой слабой звезды, доступной еще надежному измерению на используемом нами объективном микрофотометре.

В общем, при часовой экспозиции на пластинках типа Ильфорд Мо-нарх, которыми мы преимущественно пользовались, приступая к работе, получаются звезды около 14 зв. величины.

Изображения звезд, даваемые обоими объективами, резкие и довольно хорошие на ограниченной площади пластинки. Ошибка фотометрического поля была исследована особо [42].

Имея в виду все обнаруженные свойства обоих объективов, мы сочли целесообразным использовать для определения фотографических величин камеру № 2, объектив которой несколько лучше ахроматизирован в фотографических лучах и меньше подвержен влиянию сферической аберрации. Камера № 1, объектив которой относительно менее апланатичен, но хроматизм которого исправлен несколько лучше в фотовизуальном участке, использовалась нами для фотовизуальных величин, которые вообще определяются в таких условиях с меньшими погрешностями.

§ 4. Наблюдения.

Наши определения показателей цвета основаны на методе, при котором отдельно определяются фотографические и фотовизуальные звездные величины. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

чины и затем вычисляются показатели цвета как разности последних. Этим и были обусловлены порядок и способ наблюдений при накоплении необходимого материала.

Следует отметить, что перед тем, как приступить к планомерному накоплению материала, мы совместно с М. А. В а ш а к и д з е, проводили работы по разработке методики и испытанию ряда способов определения показателей цвета с нашей аппаратурой. В результате этой работы был выработан некоторый способ, относящийся к группе относительных методов [41]. При этом способе на одной панхроматической или ортохроматической пластинке получается два изображения звездного поля: одно в фотографических (сине-фиолетовых) лучах, сквозь «синий» светофильтр, а другое—в фотовизуальных, через соответствующий—«желтый»—фильтр. Два изображения, соответствующие двум последовательным экспозициям, получаются при надлежащем передвижении кассеты в плоскости пластинки так, чтобы каждая звезда представлялась как бы двойной.

При тех же условиях на другой пластинке получаются два изображения стандартной области Северного полюса. Разность в фотографических эффектах, т. е. разность в отчетах микрофотометра двух изображений (ΔE) рассматривается как цветовой эквивалент.

По звездам Северной полярной последовательности, с известными показателями цвета, строится характеристическая кривая (Π , ΔE), на основе которой получаются показатели цвета исследуемых звезд, вычисляя для них ΔE по трем фотометрическим измерениям: двух изображений и одного фона.

Характеристическую кривую можно строить также, пользуясь не разностями ΔE , а отношениями отсчетов микрофотометра двух изображений—фотографического и фотовизуального.

В известном «методе отношений экспозиций» С и р с а [835] оценка фотовизуального изображения в «цепочке» фотографических изображений служит цветовым эквивалентом и соответствует некоторому определенному отношению экспозиций. При этом, изменение экспозиций увеличивает разброс точек, связанный с уравнением яркости. Это обусловлено тем, что показатель Ш в а р ц ш и л ь д а при изменениях экспозиций приобретает разные значения для звезд различных видимых величин.

В данном же способе экспозиция сохраняется неизменной и не остается места для этого источника разброса точек.

Однако, остается другой источник рассеяния: уравнение яркости, довольно ощутимое в нашем случае из-за aberrации объективов. Конечно, ошибки яркости можно заметно сократить, если строить характеристические кривые отдельно для нескольких интервалов звездных величин (или для отдельных интервалов значений E).

При описанном способе отпадает необходимость отдельных определений фотографической или фотовизуальной зв. величин. Он имеет и другие преимущества, как то: быстрота фотометрической обработки, достигаемая благодаря наличию в поле зрения микрофотометра обоих изображений звезды и сокращению числа наведений на фон пластинки; уменьшение случайных ошибок отождествления звезд и др.

Но, наряду с этим, он не свободен и от недостатков, основные из которых заключаются в необходимости последовательных, а не одновременных экспозиций в двух лучах и в удвоенной продолжительности наблюдения данного звездного поля, не говоря о наложении изображений в полях, богатых звездами.

При наличии двух параллельных камер можно вести одновременное фотографирование, но с разной последовательностью фильтров. Это снижает ошибку предварительной засветки и улучшит общую точность, но и увеличит обработку.

Но главной причиной, что заставило нас отказаться от постоянного применения этого способа в нашей работе, явилось отягощение его эффектом звездной величины. М. А. Вашакидзе же успешно пользовался им при определении показателей цвета внегалактических туманностей на анаберрационной камере, разлив его должным образом [34, 35, 37].

В наши каталожные данные вошло небольшое число измерений, основанных на этом способе. Они использованы в общем материале с меньшим весом.

В основном же, наши определения показателей цвета звезд основывались на измерениях фотографических и фотовизуальных зв. величин в отдельности. Исследуемая площадка фотографировалась одновременно на двух камерах, причем, на камере № 1, используемой — как сказано выше — для фотовизуальных величин, перед пластинками соответствующего сорта, в кассету прокладывался желтый фильтр (GG_{11} по Шотту), а на камере № 2 — синий фильтр (BG_3). В дальнейшем мы их будем обозначать через $ГГ_{11}$ и $БГ_3$, соответственно. Снимки производились по возможности на умеренных зенитных расстояниях, или на высотах, близких к высоте над горизонтом Полярной области.

Непосредственно до или вслед за Площадкой, в таком же порядке, с такой же экспозицией, при том же фокусе и вообще без каких-либо других изменений, фотографировалась Полярная область, стандартные звезды которой служили для построения характеристических кривых. Если за ночь фотографировалось несколько ПК, то Полярный ряд располагался по времени между ПК, по середине. В длинные ночи, зимой, при фотографировании четырех и более ПК, Полярная область снималась дважды, с расположением этих снимков около начала и около конца всей серии.

При экспонировании Полярной области, гидирование не велось и инструмент бывал предоставлен часовому механизму. Экспозиции брались разные от 35 до 60 минут. Причем, экспозиции для фотовизуальных снимков были систематически продолжительнее в связи с меньшей проицательной способностью комбинации панхроматических пластинок с фильтром ГГ11. Все звезды, присутствующие на фотовизуальной пластинке, фиксировались и фотографической пластинкой, но не наоборот. То есть, предел нашему проникновению в область слабых звезд ставили фотовизуальные снимки.

Продолжительность экспозиций варьировалась в зависимости от задачи, которую мы ставили в отдельных случаях в смысле достижения известного предела звездной величины. В общем, при подборе экспозиций мы стремились к тому, чтобы уверенно определять величины звезд в пределах 10.3 — 13.3 зв. величины. Более яркие звезды оказалось возможным промерять на этих же пластинках, но с использованием большей диафрагмы микрофотометра. Впрочем, некоторое количество снимков было полиено с короткой экспозицией, около 10 минут, специально для измерений ярких звезд.

Фотографирование мы вели почти исключительно фокально, несмотря на то, что отдавали себе отчет в том, что некоторая внефокальность при фотографировании могла улучшить результаты. Действительно, при внефокальных снимках характеристическая кривая ложится круче обычной, что повышает точность вычисления звездных величин. Вместе с тем, в этом случае сглаживаются ошибки гидирования, эффект дрожания звезды и т. д. Кстати, более высокая точность выводимых фотовизуальных звезд, по сравнению с точностью фотографических, что можно констатировать при наших определениях, свидетельствует о том же; фотовизуальные изображения в нашем случае по характеру своей видимой структуры как бы являются внефокальными. Однако мы все-же не пошли по пути внефокальной фотографии, так как при последней, естественно, должен был понизиться предел проникновения. С этим нам приходилось считаться из-за и без того малого проникновения для фотовизуальных лучей (с желтым светофильтром) и наряду с этим из-за нежелания особенно растягивать экспозиции при условии фотографирования Полюса без контрольного гидирования.

Само собой разумеется, что для фотографирования были использованы совершенно безлунные ночи, характеризующиеся при этом хорошей прозрачностью. Если за ночь фотографирования стабильность прозрачности менялась, то снимки в обработку не шли или, в крайнем случае, использовались вместе с другими с меньшим весом. Ведущиеся в обсерватории электрофотометрические наблюдения служили хорошим средством контроля стабильности прозрачности в течение ночи.

Для тех, весьма немногих случаев, когда данную Площадь Каптейна нам приходилось связывать со снимком Полярной области, полученным не в ту же ночь, а в другую, приходилось считаться с возможностью изменения интенсивности скрытого (латентного) изображения. Совершенно элементарное исследование убедило нас в незначительности этого эффекта и полной возможности пренебречь им. Уже значительно позже стало нам известно об исследовании Н. Н. Сытинской, опубликованном в 1949 году [154]. В нем показана полная неизменность латентного изображения в течение нескольких первых дней.

Тем не менее, фотографирования исследуемого и стандартного полей в разные ночи необходимо решительно избегать. Если нет опасности со стороны изменений в скрытом изображении, то легко могут сказаться изменение прозрачности атмосферы или даже перефокусировки (если таковая имеет место) и др. явления.

Известно, что чувствительность фотопластинок понижается при понижении температуры. Поэтому при фотографической фотометрии рекомендуется получать все пластинки, подлежащие фотометрическому сравнению, в относительно небольших интервалах температуры, примерно до 10 — 15 градусов [256]. Правда, известны исследования (напр., [452]), согласно которым некоторые авторы допускают возможным считать чувствительность пластинки достаточно постоянной в пределах температуры от $+20^{\circ}$ до -20° . Возможно, что этот вывод несколько преувеличен и к нему надо относиться с некоторой осторожностью. Промотор записей значений температуры в наших журналах наблюдений показал, что изменения температуры в течение данной ночи наблюдений не достигали и 10 градусов.

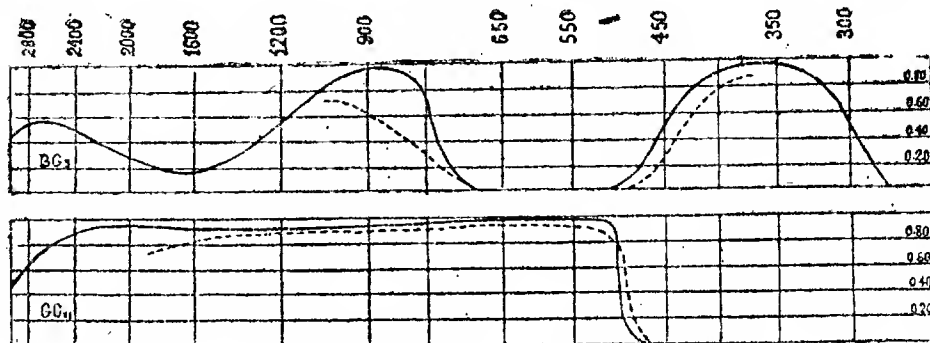
Тем не менее, неизбежное влияние резких изменений температуры на параметры характеристической кривой эмульсии заставило нас прибегать к ряду предосторожностей. С вечера, перед наблюдениями, коробки с фотопластинками заблаговременно выносились в помещение, где температура воздуха была близка к температуре внутри наблюдательной башни. Так мы избегали резких изменений температуры самих пластинок в течение первых минут экспозиции и других нежелательных явлений, которые могли бы произвольно менять чувствительность и вид характеристической кривой.

Необходимо, наконец, заметить, что фотографирования исследуемого и стандартного полей в разные ночи надо совершенно избегать не только из-за опасности со стороны возможных изменений прозрачности, о чем сказано выше; изменения температуры воздуха тоже могут привести ощутимые изменения в характеристические кривые (Н. П. Барабашев, Б. Е. Семейкин [19]).

§ 5. Светофильтры

Как уже сказано выше, наши определения показателей цвета звезд основаны на методе, при котором отдельно измеряются фотографические и фотовизуальные звездные величины. В связи с этим исследуемые звездные поля экспонировались через «синий» и «желтый» светофильтры.

Используемые нами фильтры изготовлены из стекла, окрашенного в массе, фирмой Шотт. Один из них — синий, БГ₃, — служит для определения фотографических звездных величин. Его области пропуска-



Чертеж 3

ния ограничиваются длинами волн 2900—4500, 7500 — 15000 Å. Стало быть, он может применяться для съёмки в ультрафиолетовых и инфракрасных лучах. Другой фильтр — ГГ₁₁, желтый — служит для определения фотовизуальных величин. Его область пропускания начинается около 4900 Å и простирается далеко в инфракрасную область. Таким образом, он полностью поглощает коротковолновую часть спектра.

Сплошные кривые на чертеже 3, заимствованные из каталога фирмы Шотт, представляют собой спектрофотометрические кривые пропускания светофильтров. По оси абсцисс отложены длины волн в миллимикронах, а по оси ординат — пропускание.

Надо иметь однако в виду, что кривая для БГ₃ относится к пластинке светофильтра толщиной в один миллиметр, а для ГГ₁₁ — к двухмиллиметровой пластинке. Оба светофильтра, использованные нами, имеют толщину в 2 мм. Мы обращаем внимание на этот факт в связи с тем, что с увеличением толщины возрастает «жесткость» светофильтра [173, 576], т. е. кривая становится более крутой. Поэтому, надо иметь в виду, что наш фильтр БГ₃ на самом деле более жесткий, чем это следует из чертежа 3. От этого он лишь выгадывает, поскольку в таком случае спектр более резко делится на области пропускания и поглощения. Не-

вполне резкое разделение спектра на области пропускания и поглощения является, вообще, существенным недостатком светофильтров, особенно стеклянных, окрашенных в массу. Конечно, отсюда не следует, что надо пользоваться светофильтрами, имеющими большую толщину, ибо сокращая этим ширину промежуточных областей (между областями пропускания и поглощения), мы допускаем увеличение потери света в области пропускания, неизбежно влекомое красителями, сверх потерь за счет поглощения в стекле.

Фильтру ГГ₁₁ свойственна вполне удовлетворительная жесткость. Ширина его промежуточной области около 300 Å, причем пропускание в этой области не превосходит 30%. Так что, если пределом поглощения светофильтра считать ту длину волны, для которой коэффициент пропускания составляет 46% [173], то фильтр ГГ₁₁ следует признать почти идеально жестким. «Мягкость» светофильтра БГ₃ проявляется в отношении промежуточной области, расположенной в пределах длин волн 4000 — 5000 Å, но для пластинки, имеющей толщину 2 мм, она не должна являться особенно заметной.

Эти характеристики фильтров имеют отношение к точности определяемых нами показателей цвета. Можно считать, что отличная жесткость одного фильтра и вполне удовлетворительная — другого являются благоприятными факторами с точки зрения достижимой точности наших определений.

При рассмотрении кривых чертежа 3, надо иметь в виду также, что они дают пропускание стекла и красителя в собственном смысле и не учитывают потери света за счет отражения лучистой энергии от двух поверхностей стеклянного фильтра, что влечет за собой, как известно, потерю в среднем около 8%-ов света. Вместе с тем, отражение может вообще несколько нейтрализовать и изменить кривую пропускания. Вычисление этих потерь можно произвести элементарным способом, с применением известной формулы Френеля [256, 214].

Коэффициенты пропускания фильтров в функции длины волны для пластинок толщины в 1 мм и без учета потери за счет отражения даны в нижеследующей таблице V. Пропускания с учетом потерь от отражения не включены в таблицу. Зато на чертеже 3 приводим данные М. С. Зельцер, любезно промерившей, по нашей просьбе, наши фильтры на фотоэлектрическом спектрофотометре.

Эти последние измерения, иллюстрированы на чертеже 3 с помощью пунктирных линий. Можно констатировать, что реальные характеристики данных светофильтров, с учетом, к тому же, потерь от отражения, несколько отличаются от фирменных характеристик. Но для фильтра ГГ₁₁ действительная кривая пропускания несколько смещена в сторону коротких длин волн, что является менее благоприятным явлением для наших

определений. Зато длинноволновая часть кривой пропускания для светофильтра БГ₃ расположена очень низко, а потому, имея в виду к тому же светочувствительные свойства примененных фотопластинок, можно считать, что в нашем случае мы имеем дело с «непорочными» фотографическими величинами.

Таблица V

Длина волны	БГ ₃	ГГ ₁₁	Длина волны	БГ ₃	ГГ ₁₁
2810 Å	с.13	—	5780 Å	—	0.99
3020	60	—	6440	—	99
3120	77	—	7000	0.06	99
3340	92	—	7750	90	98
3660	86	—	8500	98	97
4050	86	—	9500	94	96
4360	63	0.01	10500	81	96
4800	10	24	11500	64	96
5090	01	97	13000	39	96
5460	—	99	14500	27	96

Позднее Т. А. Кочлашвили [79] измерила с помощью специальной аппаратуры коэффициент прозрачности. В пределах 5200—6800 Å он оказался несколько (в среднем на 7%) ниже фирменного значения.

Впрочем, для нас наиболее важным является не общая характеристика спектрального пропускания светофильтров, а эффективные длины волн, которыми характеризуются применяемые нами комбинации фильтров и фотопластинок (см. ниже).

Известно, что все оптические и механические дефекты светофильтров, как то: неоднородность стекла и поглощающей среды, пузырьки, призматичность пластинки, отступления от плоскости и др., отрицательно влияют на качество изображений. Призматичность пластинки светофильтра, наряду с отступлениями ее поверхностей от плоскости, может способствовать появлению добавочных рефлексов и снижению резкости изображения. Вообще, светофильтр снижает резкость изображения. При этом, это влияние больше, если светофильтр помещен не перед объективом, а между последним и фотопластинкой, где благодаря непараллельному ходу лучей, вредное влияние светофильтра проявляется более явно. Установка светофильтра перед объективом сопряжена с необходимостью пользоваться фильтром большого размера и, соответственно, большей толщины. Мы устанавливали фильтры в кассете перед фотопластинкой на расстоянии 3 мм от последней. Однако, мы не считаем это недостатком, имея в виду признанные хорошие качества стеклянных светофильтров

Шотта, которым свойственны высокая оптическая однородность стекла и окрашенной массы, отсутствие заметного отступления от плоскости и незначительная призматичность пластинок.

Нельзя, кроме того, пройти мимо способности светофильтров к светостойкости. Этот вопрос обращает на себя особое внимание в нашей работе, при выполнении которой мы пользовались одними и теми же фильтрами в течение длинного периода — почти в 8 лет. К сожалению, приступив к работе, мы не произвели соответствующего исследования, повторение которого к концу работы могло бы дать ответ на вопрос о светостойкости наших фильтров. Единственным опытным критерием нам могло служить сравнение между собой совершенно однородных фотонегативов, расположенных по времени около начала и конца нашего наблюдательного периода, т. е. восьмилетнего периода. Для этой цели надо было бы выбрать несколько пар негативов и сравнить между собой отклонения в цветах звезд, получаемых из этих пар, с отклонениями, соответствующими другим, тесно расположенным по времени, парам. Однако, вряд ли можно было надеяться, что даже весьма тщательные измерения могли выявить эффект выцветания светофильтров, который заведомо следует считать меньшим, чем, например, эффект старения фотопластинок и вообще другие явления, обуславливающие, все вместе, среднюю точность определения показателей цвета. Тем более, что как известно, выцветанию более подвержены светофильтры, изготовленные из желатины с помощью органических красителей¹. Но все-таки, не имея оснований считать стеклянные светофильтры, окрашенные в массу, хотя и с помощью более стойких неорганических соединений, идеально светостойкими, мы все это время хранили их в закрытых, затемненных помещениях.

Важной характеристикой светофильтра является величина, показывающая насколько необходимо увеличить экспозицию по отношению к той, которая требуется для фотографирования без фильтра, для того, чтобы получить один и тот же фотографический эффект. Эту величину называют фактором фильтра или кратностью его [236, 234]. Понятно, что последняя является величиной, обратной коэффициенту пропускания. Известны элементарные формулы, по которым вычисляется кратность фильтра. Мы не сочли нужным заняться этими вычислениями, т. к. эффективная кратность должна в значительной степени зависеть вместе с тем и от фотохимических и спектральных свойств фотопластинок, применяемых в комбинации со светофильтрами. Эта зависимость понятна, если помнить, что светофильтр меняет спектральный состав проходящей

¹ К сожалению, мы не нашли в литературе количественных данных относительно выцветания светофильтров Шотта, известных, впрочем, высокой светостойкостью.

сквозь него и падающей на фотопластинку лучистой энергии. Это изменение, можно сказать, разное может восприниматься эмульсиями, имеющими разные спектро-фото-химические характеристики. С другой стороны, при строгом расчете кратности, необходимо учитывать и спектральное поглощение в объективах, применяемых для фотографирования с фильтром.

Кратность фильтров может интересовать нас лишь с точки зрения неизбежного снижения способности проникновения всей нашей аппаратуры, но последняя оценена нами, собственно, той предельной звездной величиной, которой мы достигали в наших наблюдениях и измерениях (см. ниже). Приближенная оценка, основанная на опытных снимках с фильтрами и без них, показала нам, что фильтр БГ₃ поглощает в среднем до 0.8 зв. величины, а фильтр ГГ₁₁ (в комбинации с панхроматической пластинкой) — не менее 1.5 зв. величины.

Строго говоря, фильтр перед пластинкой должен создавать рассеянный свет, хотя последний и не может быть хоть сколько-нибудь значительным в нашем случае. Возможно, что в особо деликатных фотометрических задачах следует как-то учитывать его влияние. В работах же, аналогичных нашей, этот эффект, как входящий в фон пластинки, учитывается вместе с фоном в процессе обычных измерений изображений.

Желтый фильтр резко менял нам структуру изображения звезды и придавал ему совершенно отличную от обычной форму. В этом нашел свое проявление хроматизм объектива. Изменение отсчета фокусного расстояния при переходе от фокусирования без фильтра на фокусирование с желтым фильтром равно 3.3 мм для объектива № 1. Разница в фокусных расстояниях для желтого и синего фильтров для объектива № 1 4.6 мм, а для объектива № 2 — 3.8.

§ 6. Фотопластинки

Мы пользовались для наших наблюдений двумя родами фотографических пластинок: обычными — для определения фотографических звездных величин и панхроматическими — для фотовизуальных величин. Последние почти неизменно были марки ИСС (ISS) фирмы Агфа. Лишь в весьма редких случаях мы пользовались для фотовизуальных величин пластинками Астра IX фирмы Илфорд Монарх.

Фотопластинки Агфа ИСС имеют панхроматическую эмульсию весьма высокой чувствительности (до 7000 ХД). Их чувствительность начинает заметно падать лишь после λ 6400. Но, на спектральных снимках, полученных с объективной призмой (дисперсия 130\AA на 1 мм, около $H\gamma$), удается получать относительно удовлетворительное изображение линии H_{α} для звезд типа А. Эти пластинки имеют противоореольный слой.

который обеспечивает полное исключение ореола. Они удобны в обращении, т. к. противоореольный слой исчезает в процессе проявления.

Пластины Астра IX имеют весьма высокую чувствительность, однако падение кривой спектральной чувствительности у них наступает несколько раньше, хотя можно считать, что кривая пропускания простирается до 6300 \AA . Этим пластинкам свойственен очень темный фон. Они вместе с тем противоореольны.

К сожалению, в силу независящих от нас причин, мы были вынуждены пользоваться для определения фотографических звездных величин разными сортами фотопластинок. Впрочем, как показано ниже, мы убедились, что разновидность пластинок не внесла в наши выводы заметных погрешностей, благодаря постоянному применению светофильтров. Поэтому пестроту сортов используемых нами пластинок не следует считать серьезным недостатком нашей работы.

Марки фотопластинок, использованных для определения фотографических величин были следующие: Агфа Изохром, Агфа Астро, Гольден Изо Зенит, Империял 1200. В тех случаях, когда мы прибегали к способу двух изображений на одной пластинке, были использованы Агфа ИСС и Астра IX. Впрочем, большинство снимков, — 62% — были выполнены на пластинках Агфа Изохром, 20% — на пластинках Агфа Астро и Империял 1200, которые мало отличаются друг от друга по спектральным и сенситметрическим характеристикам [922, 18]; 13% — на Гольден Изо Зенит (1400 ХД) и т. д.

Для фотовизуальных величин преимущественно употреблялись пластинки Агфа ИСС и Астра IX. Единственный снимок, полученный на обычной Илфорд Монарх, вряд ли заслуживает упоминания.

Пластины Агфа Изохром имеют ортохроматическую эмульсию высокой чувствительности (около 6000 ХД). Кривая спектральной чувствительности заметно понижается к 5000 \AA , затем несколько возрастает и обнаруживает небольшой максимум около 5350 \AA , после чего понижается круче, а около 5800 \AA чувствительность теряется вовсе. Они имеют противоореольный слой, полностью исключаящий ореол. Пластинам свойственен светлый, ровный фон.

Кстати, упоминая здесь о противоореольном слое, мы имеем в виду ореол, возникающий вследствие отражения света от задней стеклянной поверхности фотопластины, т. е. ореол отражения. Известно, что диффузное рассеяние света в эмульсии также вызывает диффузный ореол. Его называют часто иррадиацией. Диффузный ореол вызывается внутренним отражением падающего света от зерен эмульсии и вместе с тем, дифракцией света, производимой зернами. В связи с этим степень иррадиации заметно зависит от размеров зерен эмульсии и она различна

для разных фотопластинок. Однако диффузный ореол при всех обстоятельствах, как по интенсивности, так и по размерам, значительно слабее ореола отражения. Поэтому удаление последнего, чему и служит противоореольный слой, является достаточным.

Конечно, представило бы интерес испытание противоореольного действия слоя, т. е. выяснить, в какой мере достигается противоореольность. Но, подобное испытание, хотя и осуществимо разработанными способами [151], требует специальной сенситометрической аппаратуры, которой мы не располагали. Нет оснований, однако, полагать, что мог иметь место остаточный ореол, различно проявляющийся в разных случаях и могущий явиться источником заметных добавочных ошибок.

Кривые спектральной чувствительности Агфа Астро и Империл 1200 мало отличаются одна от другой. Заметное падение чувствительности у обоих сортов начинается около 4850 \AA , а полное исчезновение чувствительности наступает около 5200 \AA . Фон у Империл 1200 весьма светлый.

Почти для всех перечисленных сортов хорошо выражен максимум чувствительности в участке около 4400 \AA , что впрочем и должно быть, т. к. этот участок совпадает с областью собственной чувствительности бромистого серебра [56]. Перечисленные же пластинки все имеют бромосеребряную эмульсию.

Совместное исследование на спектрографе всех сортов пластинок, за исключением Гольден Изо Зенит, показало, что широта характеристической кривой, т. е. участок последней, где приращение фотографического почернения пропорционально приращению света, почти одинакова у всех использованных нами пластинок (разумеется, при одинаковых условиях проявления); она лишь несколько больше у Империл 1200. Фактор контраста, играющий в фотографической фотометрии большую роль, оказался приблизительно одинаковым для всех пластинок за исключением Империл 1200, для которых он несколько меньше. Количественная оценка плотности в точке пересечения характеристической кривой с осью ординат подтвердила наличие большой вуали у пластинок Астро IX и отсутствие ее у пластинок Империл 1200. В наших опытах мы не обнаружили заметных реальных различий в инерции пластинок, т. е. в положении точки пересечения продолжения прямолинейной части характеристической кривой с осью абсцисс, хотя она должна зависеть от свойств данной эмульсии, но, впрочем, и — от условий проявления.

Наконец, следует отметить, что наши фотопластинки имеют слои различной толщины. Если Империл 1200 и Агфа весьма тонкослойны, то Илфорд Монарх и особенно Астро IX заметно толстослойны. Мы

указываем на это обстоятельство, как на некоторый недостаток, так как процессы проявления, фиксирования и сушки протекают с разной скоростью для слоев разной толщины. Условия, которые хороши для толсто-слойных фотопластинок, могут оказаться форсированными для тонко-слойных, а форсирование любого из этих процессов может привести к нарушению однородности качества негатива. Конечно, при нашем способе фотометрических сравнений с одновременно обрабатываемым негативом Полярной области этот эффект весьма ослаблен.

Исследования Гольден Изо Зенит мы не могли выполнить в связи с тем, что последняя коробка этих пластинок, отложенная для данной цели, оказалась несколько засвеченной.

К вопросу о спектральных характеристиках комбинаций наших светофильтров и фотопластинок мы еще вернемся в связи с определением эффективных длин волн.

Накопление негативного материала длилось у нас в течение нескольких лет. Естественно, поэтому, поставить вопрос о старении фотопластинок и соответствующем изменении свойств характеристических кривых, тем более, что высокочувствительные эмульсии, которыми пользуются обычно в астрономической практике, в большей степени обладают способностью менять свои свойства с течением времени. Между прочим, старение может проявиться как в снижении, так и в повышении относительной чувствительности в области сенсibilизации.

Однако, если иметь в виду, что все наши фотометрические определения велись дифференциальным способом, можно быть уверенным за практическое отсутствие влияния старения фотопластинок на наши определения.

Наконец, можно заметить, что необходимость стандартизировать работы по фотографической фотометрии требует, чтобы предварительно исследовались спектрочувствительные свойства эмульсий, или даже их комбинаций со светофильтрами, и выбирались те из последних, которые наиболее удовлетворяют поставленным задачам. По спектральной чувствительности фотографической эмульсии можно производить и расчет нужных или желательных светофильтров (А. В. Марков, [103]). К сожалению, мы были ограничены в этом отношении. Приступая к работе, мы располагали только одной парой светофильтров и некоторым запасом фотопластинок, марки которых впоследствии менялись по независящим от нас причинам. В связи с этим нам оставалось провести сравнительное исследование фотопластинок пост фактум, по окончании всей работы.

§ 7. Фотографическая обработка фотопластинок

Пластины проявлялись в подавляющем большинстве случаев метологидрохиноновым проявителем¹. Мы остановились на нем в связи с тем, что, как оказалось, такому проявителю, составленному по нижеприведенному рецепту, присуще свойство проявлять в умеренном темпе, с хорошим выявлением предельно слабых звезд и с небольшой вуалью проявления, что важно для фотометрических работ, подобных нашей. Наконец, этот проявитель, получивший вообще весьма большое распространение в научной фотографии, обеспечивает также продолжительное и хорошее хранение негативов².

Для того, чтобы использовать эти фотографические свойства метологидрохинонового проявителя с рациональным эффектом, он составлялся по следующему рецепту:

Гидрохинон	8 гр
Метол	5 гр
Сульфит натрия, кристаллический	50 гр
Сода безводная	50 гр
Бромистый калий	3 гр

Означенное размешивается в дистиллированной воде 1000 гр, после чего раствор дополняется дистиллированной водой до 2 литров. Порядок разбавления химикатов не произвольный, а следует рекомендуемой руководством по фотографии очередности.

Такое соотношение составляющих представляется наиболее целесообразным. Более концентрированный проявитель был нежелателен, ибо известно, что концентрированные проявители воздействуют на фотопластинку неравномерно. Сочетание гидрохинона и метола дает быстрое проявление изображения и нужную плотность последнего. Гидрохинон известен хорошей способностью выявлять слабые световые возбуждения, но вместе с тем, он характеризуется малой степенью избирательного действия проявителя, т. е. малым отношением скорости проявления изображения к скорости проявления фона, что вызывает заметную вуаль, особенно при повышенной температуре проявления. Плотность вуали увеличивается с продолжительностью проявления, однако, не по тому-же закону, по какому растет плотность изображения. Метол также обладает значитель-

¹ До 1940 года мы часто пользовались параамидофеноловым проявителем. Приготавливалось два раствора. Первый составлялся из параамидофенола (20 гр.) и калия метабисульфита (10 гр.), разведенных в одном литре дистиллированной воды. Второй — из углекислого натрия (60 гр.) и сернокислого натрия, разведенных также в одном литре воды. Оба раствора смешивались вместе в равных частях, с преобладанием первого из них.

² Этот же проявитель рекомендуется фирмой для пластинок Агфа Изохром и Агфа ИСС, которыми мы пользовались в подавляющем большинстве случаев.

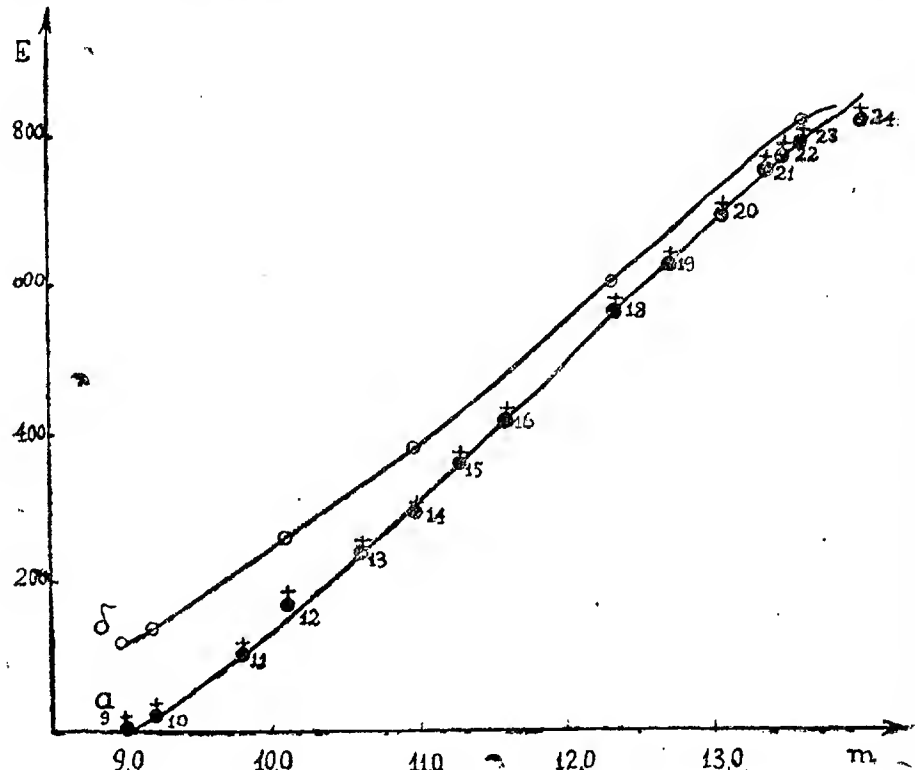
ной вуалирующей способностью. Хорошим средством регулирования процесса в данном отношении является добавочная составляющая в виде бромистого калия. Последний, наряду с тем, что задерживает проявление, удлиняет его и тем создает условия для лучшей стандартизации, оказывает вместе с тем и девуалирующее действие на негатив. Результат проявления и степень химической вуали зависят, конечно, и от сорта и качеств фотографических пластинок, от природы и возраста эмульсии. Пропорция метола и бромистого калия варьировалась смотря по сорту проявляемых пластинок. Так например, в числе используемых нами пластинок сорт Астра IX был особенно склонен к вуали и, для уменьшения последней, для него требовалось особое сочетание метола и бромистого калия. Что касается таких составляющих проявителя, как сода и сульфит, роль которых заключается в ускорении проявления и в предохранении проявителя от быстрого окисления кислородом воздуха и, следовательно, от изменений его проявляющих свойств, то они брались в установленных и неизменных пропорциях. При этом мы не забывали о том, что неумеренное пользование содой, как вообще, — щелочью, вызывает со своей стороны вуаль, не говоря о том, что оно вредно действует и на желатиновый слой фотопластинки, вызывая в нем склонность к сползанию, особенно при продолжительном проявлении.

Таким образом, мы стремились получить однородный характер негативов, поскольку он мог зависеть от рецептуры проявителя. Но, конечно, характер негатива в значительной степени зависит и от фотохимических и спектрофотохимических свойств, а также и от зернистости самой эмульсии, т. е. от сорта пластинок.

Что касается самого проявления, естественно, что и в этом отношении мы стремились сохранить однородность и неизменность условий. При этом мы старались иметь всегда определенное количество проявительной жидкости в кювете, исходя из рекомендуемого в ряде руководств по фотографии расчета—по 70 кубических сантиметров проявителя на каждую пластинку размером 9×12 сантиметров, чтобы эмульсия проявляемых негативов покрывалась достаточно высоким слоем проявителя во избежание возникновения так называемой воздушной вуали. Это следует иметь в виду особенно при пользовании гидрохиноновым проявителем [237].

Температура проявления поддерживалась около $+16—+18^{\circ}\text{C}$. Продолжительность проявления—8—11 минут. В некоторые периоды нам приходилось проявлять в помещении с довольно низкой температурой—около 10° . При низких температурах проявления обычно рекомендуют увеличивать щелочность проявителя добавлением 40%-го раствора едкого калия [237]. Однако, в большинстве случаев мы нагревали проявитель заблаговременно до $20—22^{\circ}$, имея в виду, что за время проявления

он остывал на 4—5 градусов. Такие колебания температуры могли вызывать неприятные явления в смысле изменения вида и параметров характеристической кривой. Особенно опасным могло быть неравномерное остывание проявителя в различных частях большой кюветы. Это заставило нас попытаться оценить возможные погрешности в определении звездных величин, зависящие от изменения температуры в процессе проявления. С этой целью мы поставили несколько опытов. Последние сводились к следующему: в совершенно одинаковых условиях была получена



Чертеж 4

пара фотографий Стандартной площадки. Проявление каждой пластинки происходило в различных условиях, хотя и в проявителе, взятом из одной посуды. Одна из них проявлялась в условиях неизменной температуры $+18^{\circ}$. При проявлении другой пластинки создавались условия, при которых температура раствора в процессе проявления понижалась на 5—6 градусов (опусканием кюветы в другую кювету, содержащую охлажденную воду). Характеристическая кривая претерпевала некоторые изменения, иллюстрированные чертежом 4, на котором кривая (a) соответствует первому случаю, т. е. проявлению в условиях неизменной темпера-

туры, а кривая 6—второму случаю. Цифры на кривой а означают номера звезд. Крестики представляют собой данные измерения третьего негатива, снятого в тех же условиях и проявленного в стандартных условиях, но—отдельно от первого негатива (дополн. контроль).

Охлажденный проявитель, как видим, меняет характеристическую кривую в том смысле, что делает ее более пологой и расположенной выше, т. е. пластинка не проявляется в той же степени, как в проявителе нормальной температуры.

Изменение температуры проявления сказывалось и на фоне (вуаль) проявленных фотопластинок. Очевидно, уменьшение температуры проявления означает замедление проявления, но, как показали наши опыты, при этом замедление проявления различно для разных эмульсий. При увеличении же температуры проявление вуали протекает энергичнее и в большей степени, чем проявление изображений. Таким образом, при повышении температуры проявления фотопластинка вуалируется. Это вместе с тем и изменения в характеристиках контрастности и др. Поэтому мы старались не проявлять при температуре $+20—+22^{\circ}\text{C}$. Тем более, что при более высоких температурах, выше $22—24^{\circ}\text{C}$ проявление становится затруднительным из-за склонности эмульсионного слоя к механическим деформациям, появляющейся с приближением температуры к температуре плавления эмульсии (около $+30^{\circ}\text{C}$).

Но в данном случае, благодаря дифференциальному способу наших определений, т. е. измерению зв. величины относительно стандартных звезд, поле которых обрабатывалось точно в тех же условиях и совместно с исследуемым полем,—эффект охлаждения проявителя на получаемые величины в конечном итоге должен был отсутствовать.

Для того, чтобы получить равномерно проявленные негативы, в процессе проявления кювета с фотопластинками медленно покачивалась, по возможности, во всех направлениях, что способствовало поступлению свежих частиц проявляющего раствора к проявляемому слою. Впрочем, в последнее время мы встретили в литературе указания на то, что проявление без покачивания дает лучшие результаты [777].

Наконец, нельзя пренебрегать тем, что при хранении проявителя, в последний проникает воздух, что вообще меняет проявляющие свойства проявителя, в частности, увеличивает скорость проявления и др. [237]. В связи с этим мы старались проявлять по возможности всегда со свежим проявителем. Во всяком случае, хранить проявитель необходимо в закрытых малых сосудах для того, чтобы жидкость доходила до пробки и не соприкасалась с воздухом, от которого проявитель окисляется.

Для фиксирования пластинок мы пользовались фиксажем, приготовленным по следующему рецепту:

Гипосульфит натрия 250 гр.

10. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

Сульфит натрия кристаллический 30 гр.

Вода дистиллированная 1000 гр.

К раствору добавлялось до 15 грамм лимонной кислоты, имеющей способность предохранять желатин слоя от размягчения и набухания.

Как известно, при данной концентрации фиксажного раствора, продолжительность фиксирования изменяется приблизительно обратно пропорционально температуре [718]. Однако, мы не всегда соблюдали неизменность температуры при фиксировании, не стремясь особенно к неизменности продолжительности фиксирования.

Последняя, после того, как достигается полное фиксирование, не влияет на характер негатива. Но засветка пластинок опасна до полного фиксирования, ибо засветка всегда может вызвать вуаль и к тому же — неравномерную. При всех условиях, исчезновение опалового слоя пластинки не требовало у нас более 20—25 минут и мы держали пластинки в фиксажном растворе не менее 25 минут. Некоторые авторы рекомендовали оставлять негатив в фиксаже дополнительно на такой же срок, какой требуется для исчезновения опалового слоя, но впоследствии обнаружилось, что в этом нет необходимости [718]. Важно лишь не допускать значительного истощения фиксажа. С этой целью мы старались менять раствор после фиксирования в нем до 20 пар пластинок размером 9×12 сантиметров или, в некоторых случаях, подкислять его бисульфитом натрия, что противодействует истощению фиксажа. В тех случаях, когда нам приходилось пользоваться недостаточно свежим фиксажем, мы покачивали кювету, содержащую последний, для того, чтобы способствовать поступлению свежих частиц фиксажа к фиксируемой эмульсии.

Вообще же говоря, получение совершенно однородного фотографического материала требует соблюдения стандартизации и в отношении фиксирования. Правда, поскольку последнее заключается в удалении из эмульсии не подвергшегося воздействию света бромистого серебра, оно не должно влиять на характеристики проявленных изображений звезд. Но, характер фона безусловно зависит от условий фиксирования. Этим обстоятельством не должно пренебрегать в астрономической практике, где процессу фиксирования зачастую бывают склонны придавать второстепенное значение.

Во избежание введения в фиксажный раствор окисленного проявителя, оставшегося на поверхности пластинок, что могло бы впоследствии окрашивать негативы, мы прополаскивали пластинки в воде перед тем, как погружать их в фиксаж.

После фиксирования, пластинки промывались обычно, за небольшими исключениями, в проточной воде под водопроводным краном, подающим родниковую воду, не фильтруемую какими либо искусственными средствами. Обычно предостерегают от внезапного перехода из фиксажного

раствора в воду, учитывая, что такой переход ведет к сильному поверхностному натяжению в слое эмульсии и к образованию пузырей и сморщиванию слоя [718]. С этим обстоятельством нам приходилось считаться, имея в виду низкую температуру родниковой воды. Поэтому, в нужных случаях, мы пользовались еще промежуточным прополаскиванием негативов в умеренно холодной воде. Пластинки промывались в проточной воде, по крайней мере, в течение одного часа, после чего тщательно всполаскивались в дистиллированной воде. В тех же редких случаях, когда проточной воды у нас не было (до полного окончания строительства обсерватории) и мы пользовались стоячей водой, последняя несколько раз менялась, чтобы таким способом облегчить диффундирование гипосульфита из желатины эмульсии в воду, в чем и заключается назначение промывания.

Предварительно мы определили минимальную, в среднем, продолжительность необходимого времени для промывания или необходимую частоту смены воды. С этой целью лучше всего прибегать к следующему опыту исследования окраски воды [237, 645]. Капельки с вынутой из воды пластинки собираются в одну пробирку. Другая же пробирка наполняется водой, применяемой для промывания. Затем в обе пробирки вводятся иод с крахмалом. Если в первой пробирке оказываются остатки гипосульфита, то соединение последнего с иодом вызывает обесцвечивание раствора. Если же в обеих пробирках окраска остается одинаково неизменной, то это указывает на то, что промывание можно считать вполне законченным.

Сушка пластинок производилась в естественных условиях без применения сушильной печи, вентилятора или способа погружения негатива в спирт. Последний способ имеет тот недостаток, что он может вызывать полосы и пятна на негативе или даже сплошное помутнение его, не говоря о том, что быстрая сушка с использованием спирта влечет за собой некоторые трудно учитываемые изменения в плотностях негатива [645]. Конечно, в условиях естественной сушки, требующей большей продолжительности, негативы легко подвергаются запылению, но на время сушки они ставились в вертикальное положение, что должно было уменьшать возможное оседание пыли на них.

Описанные приемы и режим обеспечивали нам получение доброкачественного и однородного негативного материала, по возможности малоотягощенного такими дефектами, которые могли бы заметно увеличивать случайные ошибки результатов фотометрических измерений.

§ 8. Негативный материал

Основной материал, полученный нами в результате семилетних наблюдений, длившихся с лета 1939 года, состоит из большого количества фото-

снимков исследуемых Площадей Каптейна и Северного Полюса, выполненных в фотографических и фотовизуальных лучах. Из этого материала основное применение для наших определений нашли 284 фотографических и фотовизуальных негатива, относящихся к исследуемым Площадям и 158 негативов со снимками Северного Полюса, служащего в качестве редуционной площадки. Однако, это лишь те снимки, которые служили непосредственно выводам фотографических и фотовизуальных величин, или показателей цвета. Но мы обработали большое количество (более 60 пар) других негативов, которые служили для определения системы цветов, для оценки величин погрешностей, учета разных эффектов и т. д. Наконец, мы имели и спектральные снимки, послужившие для вычисления эффективных длин волн, о чем речь будет идти ниже.

Основной фотографический материал получен в период с мая 1939 года по февраль 1945 года. Прочий контрольный и редуционный материал, включая и снимки, по которым определялись эффективные длины волн, система цветов и т. п., мы продолжали накапливать в 1945 и 1946 гг. Некоторые проверочные и редуционные снимки делались и в 1948 и 1949 гг.

Мы не будем приводить здесь всего списка и описания негативов, так как основной фотографический материал описан в ранее опубликованных статьях: [204], стр. 22; [205], стр. 102; [208], стр. 73; [209], стр. 126. Во всех указанных статьях они собраны в таблицах II, в которых даны инвентарные номера негативов, даты снимков, сорт фотопластинок, продолжительность экспозиции и зенитные расстояния, соответствующие серединым моментам снимков.

Для полноты отметим, что впоследствии были измерены еще другие пары негативов, которые не вошли в таблицы, а потому перечислим их здесь же:

ПК 24 № 386 (Агфа Изохром). Полюс: №№ 384, 387 11.IX. 1939.
№ 389 (Агфа ИСС)

ПК 38 № 500 (Агфа Астро). Полюс: №№ 500а, 501а 11.IV.1940.
№ 501 (Агфа ИСС).

Все они сняты с экспозиций в 10 минут, при зенитном расстоянии для ПК в 44° .

Из 442 негативов основного фотографического материала более 70% были получены автором настоящей работы. Почти все (более 96%) негативы, служащие редуционным целям и исследованиям различных эффектов и выводу эффективных длин волн, также получены автором.

§ 9. Фотометрические измерения негативов

Фотометрические измерения негативов — для вывода фотографических и фотовизуальных звездных величин — выполнены с помощью фотоэлектрического микрофотометра конструкции Никонова (изготовлен Астрономическим Институтом в Ленинграде).

Несмотря на то, что объективный микрофотометр Никонова, отлично зарекомендовав себя, находится в большом пользовании на ряде советских обсерваторий, он до сих пор не был описан в должной мере в литературе. Статья В. Б. Никонова [117] касается первой упрощенной модели (макета) и, конечно, не может служить описанием действующих моделей. В связи с этим следует несколько подробнее осветить работу микрофотометра.

Принцип действия этого микрофотометра заключается в следующем. Фотографическое изображение звезды на негативе, вводится в интенсивный световой поток, идущий от некоторой постоянной лампы и проектирующийся, наконец, на поверхность фотоэлемента. Ослабленный изображением световой поток воздействует на фотоэлемент. Возникший в результате фототок в общем пропорционален падающему на фотоэлемент световому потоку¹. Он измеряется отбросом стрелки гальванометра, который со своей стороны пропорционален фототоку. Таким образом, отброс гальванометра является мерой фотографической величины звезды.

Коротко говоря, в этом микрофотометре измеряется полное поглощение света в звездном изображении, т. е. имеет место комбинация измерения диаметра изображения и измерения плотности. Описанный принцип обуславливает самую конструкцию данного микрофотометра.

Схема микрофотометра представлена на чертеже 5.

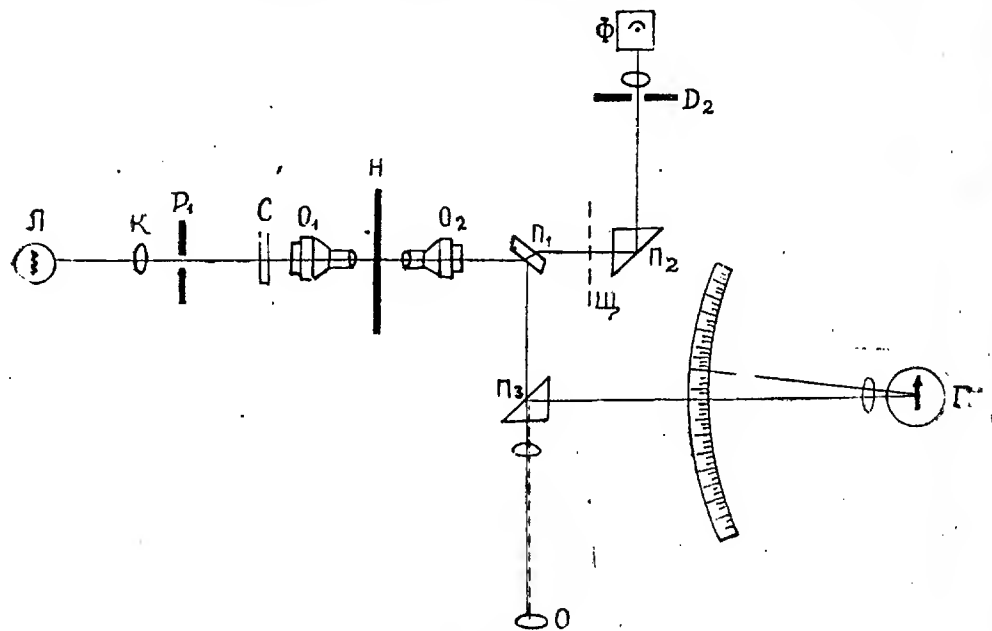
Нить 12-вольтовой лампы Λ проектируется конденсором K на микроскопический объект O_1 . Между конденсором и объективом, вплотную к первому, расположена диафрагма D_2 , а также матовое стекло C . Объектив O_1 проектирует в свою очередь уменьшенное изображение диафрагмы D_1 на фотослой измеряемого негатива H .

Таким образом, на эмульсии негатива мы имеем сечение светового потока, идущего от лампы Λ . При этом важно, чтобы здесь световой поток имел строго постоянную и равномерную плотность по всему сечению. Это достигается рядом мер. Во-первых, лампа Λ и ее установка должны удовлетворять некоторым условиям. Нить лампы расположена горизонтально и перпендикулярно к оптической оси конденсора. Она

¹ Строгая пропорциональность фототока фотоэлемента падающему на него световому потоку имеет место при соблюдении известных условий в соотношении между сопротивлением внешней цепи фотоэлемента и внутренним сопротивлением последнего.

² Точнее: расположен диск диафрагм разных диаметров; вращением диска можно вводить в коллимационную линию любую из диафрагм.

представляет собой тесную спираль длиной более 3-х миллиметров, с внешним диаметром около 0.75 мм. Установка лампы допускает ее перемещение по трем координатам для юстировки. Все это нужно для того, чтобы добиться получения на пластинке такого сечения светового потока, т. е. изображения диафрагмы или коротко «блика», которое имеет весьма однородную плотность. Во-вторых, блик тщательно фокусируется на эмульсию путем вращения объектива O_1 в своей оправе. Эта фокусировка весьма ответственна. Лишь при точной фокусировке можно быть уверенным в требуемой равномерности интенсивности светового



Чертеж 5

вого потока в плоскости, совпадающей с плоскостью эмульсии. При неравномерной интенсивности блика могут возникнуть весьма заметные погрешности, обусловленные зависимостью отсчета от положения изображения звезды внутри блика¹.

С другой стороны негатива Н, против объектива O_1 , расположен второй, подобный же объектив O_2 , фокусируемый на эмульсию. Проходя сквозь негатив, объектив O_2 , плоскопараллельную пластинку Π_1 и призму полного внутреннего отражения Π_2 , световой поток падает, наконец, на фотозаэлемент Ф. Перед последним установлен другой диск со сменными диафрагмами D_2 , для устранения рассеянного света от блика в фотослое

¹ Постоянство плотности светового потока в плоскости эмульсии проверяется время от времени элементарным способом (измерениями отсчетов, при введении в разные места сечения потока точек, нанесенных на эмульсию тушью).

негатива. Эта диафрагма отнюдь не второстепенна, а играет в приборе существенную роль [104]. Сам фотоэлемент помещен в коробку, которая также защищает его от постороннего света.

Между Π_1 и Π_2 поставлен щиток \mathcal{C} , который, в зависимости от надобности, либо пропускает световой поток к фотоэлементу, либо преграждает ему путь. В окуляре O , где помещен глаз измерителя, мы можем видеть небольшую поверхность измеряемого негатива, освещенную бликом и его светом, рассеянным в фотослое. В том же окуляре видна, благодаря наличию призмы Π_3 , вместе с нитью, натянутой в фокальной плоскости, шкала \mathcal{I} , изображение которой, при вращении зеркала гальванометра Γ , перемещается по отношению к неподвижной нити, с помощью которой и берется отсчет.

В микрофотометре установлен простой вентильный селеновый фотоэлемент, имеющий чувствительную поверхность несколько меньше двух квадратных сантиметров. Его общая чувствительность около 500 мА/люм. Фотоэлемент включен в цепь с зеркальным гальванометром типа Лёле фирмы Руштрат, АЕГ; неподвижно установленным на кронштейне, заложеном во внешнюю капитальную стену помещения. Токовая чувствительность гальванометра равна 5×10^{-9} А/мм, внутреннее сопротивление 1100 ом; период же — 0.53 секунды¹. Гальванометр непосредственно замкнут на фотоэлемент. Однако, временами, считаясь с наличием разности между внутренним сопротивлением фотоэлемента и внешним критическим сопротивлением гальванометра, мы включали дополнительное сопротивление для того, чтобы достичь благоприятного режима работы гальванометра, т. е. режима критического успокоения, при котором время установки нити гальванометра минимально (около 2 секунд в нашей практике).

Лампа Λ , потребляющая ток около 2-х ампер, питается 100-амперными (иногда — 60-амперными) щелочными аккумуляторами, включенными параллельно двумя рядами, по 10 банок в каждом. Это обеспечивает хорошую стабильность накала. Для достижения лучшей стабильности требуется, наряду с этим, соблюдать полную надежность контактов в цепи. Токоподводящие провода припаяны к цоколю лампы. Их концы, соединяющиеся с аккумуляторами, очень плотно зажимаются винтами на контактах. Проводка от аккумуляторов к микрофотометру идет хорошо изолированными проводами. Ползунок реостата, регулирующего накал лампы, представляет собой кольцо, весьма плотно облегающее реостат по всей окружности цилиндра и плотно закрепляемое винтом. В тех случаях, когда появлялась тенденция к систематическому снижению накала,

¹ За время выполнения нашей работы мы применяли один и тот же гальванометр. Что касается фотоэлемента, он был дважды заменен. Впрочем, названный выше фотоэлемент находился в работе в течение наиболее длительного времени.

что указывало на разряженность аккумуляторов, последние заменялись подзаряженными секциями. Наконец, при включении лампы, мы выжидали несколько минут перед тем, как приступить к измерениям, это бывало особенно необходимо после свежей зарядки аккумуляторов. Все эти меры были необходимы для обеспечения хорошей стабильности накала лампы во время измерений.

Описанная выше схема и простые дополнительные приспособления обуславливают следующий порядок производства микрофотометрических измерений. В окуляре мы видим освещенное поле негатива, достигающее почти 2-х миллиметров в диаметре, что соответствует почти 7 минутам дуги на наших негативах. Это достаточно для относительно легкого отождествления звезд. Измеряемое изображение приводится на крест нитей, проектирующийся в поле зрения и ориентирующий на центр блика¹. В это время, по мере надобности, могут быть отсчитаны прямоугольные координаты изображения звезды на негативе, — по взаимно перпендикулярным шкалам вдоль двух сторон рамы микрофотометра, несущей негатив. Передвижением некоторого рычажка приспособление Π пропускает световой поток на фотоэлемент; вместе с тем, в окуляре, в верхней части поля, возникает изображение шкалы со спроектированной на ней нитью, по которой и берём отсчет. Само поле негатива в это время закрывается и видна лишь небольшая часть его с изображением звезды, ограниченная диафрагмой. При обратном передвижении рычажка мы вновь видим освещенное поле и наводим на крест нитей следующую звезду, но одновременно происходит затемнение фотоэлемента и мы получаем возможность проверить положение нуля гальванометра.

Юстировка и фокусировка микрофотометра проверялись и исправлялись, в среднем, раз каждые 3 — 4 месяца. Это приходилось делать, хотя конструктивная жесткость микрофотометра и его установки были в общем удовлетворительны. В процессе же самих измерений и особенно по установлению нового очередного негатива в микрофотометре, приходилось строго следить за фокусировкой объективов O_1 и O_2 ², стремясь к тому, чтобы зерна эмульсии негатива и края изображения диафрагмы, т. е. блика, были бы одинаково в фокусе (юстировка фокусировки). Одновременно проверялась и центрировка диафрагм D_1 и D_2 , нарушение которой может внести большие ошибки в результаты измерения, т. е. необходимо соблюдать концентричность изображения диафрагм, которые к тому же по размерам равны между собой. Вместе с тем необходимо тщательно проверять перпендикулярность плоскости негатива к коллимации

¹ Совпадение пересечения нитей с центром изображения диафрагмы контролируется систематически.

² Для этого пользуются перекидным зеркальцем, заключенным в передней части коробки, в которой расположен фотоэлемент.

онной линии, ибо наклон негатива был бы равносильен нарушению фокусировки по окружности блика. Наш микрофотометр имел приспособление для «автоматической фокусировки». Негатив, установленный эмульсионной стороной к объективу O_1 , автоматически поджимался к последнему в момент, когда передвижением рычажка световой поток пропусклся к фотоэлементу и производился отсчет гальванометра. Но этот способ требовал особых предосторожностей во избежание повреждения эмульсии конусом, зажимающим объектив O_1 , и впоследствии пришлось отказаться от автоматической фокусировки, предпочтя хотя и учащение контроля фокуса, но зато избегая возможностей повреждения эмульсии.

Рама микрофотометра, несущая измеряемую фотопластинку, имеет два взаимноперпендикулярных перемещения. Положение рамы фиксируется двумя прямоугольными координатами. Это дает возможность пользоваться системой прямоугольных координат для определения отдельных изображений на негативе. Для массовых измерений, подобных нашим, это крайне важно в отношении легкого и удобного отождествления звезд на негативе со звездной картой.

Звездные карты, соответствующие исследуемым нами областям, составлялись предварительно в прямоугольных координатах, даваемых в каталогах БСО. За масштаб мы брали 12 сантиметров на один градус. На карту накладывалась прозрачная (целлулоидная) сетка прямоугольных координат, шкала которой по осям абсцисс и ординат была выбрана в таком масштабе, что разность, например, в абсциссах прозрачной сетки для двух звезд, взятых на нижней карте, была в точности равна разности в отсчетах соответствующих координат на микрофотометре для тех же звезд на негативе. Легко представить, что так как масштаб на наших негативах в 7 раз меньше масштаба, составляемых нами звездных карт прямоугольных координат, то масштаб накладной прозрачной сетки должен был быть увеличен также в 7 раз, т. е. одному делению на ней, условно называемому миллиметром и отвечающему перемещению несущей рамы микрофотометра на один миллиметр, должен был соответствовать отрезок, имеющий реальную длину в 7 миллиметров. Легко понять, что для наибольшего удобства в работе при массовых измерениях, следует предварительно ориентировать накладную сетку на звездной карте таким образом, чтобы «сеточные» координаты каких-либо трех достаточно удаленных друг от друга звезд, заранее отмеченных на негативе и на карте, в точности совпадали с соответствующими отсчетами координат несущей рамы. Другими словами, подводя отмеченные звезды на негативе к кресту нитей в поле зрения микрофотометра, мы берем координатные отсчеты микрофотометра. После этого мы так ориентируем накладную сетку, чтобы на эти же звезды на карте пришлись те же отсчеты сетки. После выполнения подобной ориентировки и закрепления прозрачной сетки в

таком положении неподвижно по отношению к звездной карте, наводка на все измеряемые звезды, нанесенные на карту, осуществляется совсем просто.

Пусть n_* , n_ϕ и n_0 являются отсчетами гальванометра микрофотометра при наведении на звезду, фон негатива вблизи звезды и при затемнении фотоэлемента, соответственно. Далее, пусть J и J_* являются падающим на негатив световым потоком и потоком, прошедшим через него, соответственно. Рассмотрим отношение $\frac{J_*}{J}$. Оно выражает прозрачность того элемента негатива, который ограничен бликом. Если в блик введено изображение звезды, то это отношение будет тем меньше, чем больше число разложенных зерен фотографической эмульсии будет содержать участок негатива, ограниченный бликом, т. к. тем больше будет в таком случае ослабление начального светового потока. Следовательно, приведенное отношение, называемое средней абсолютной прозрачностью, служит мерой фотографического действия света звезды на негатив.

Однако, имея в виду наличие на негативе фона и его неизбежное влияние на измерения, целесообразнее принимать за меру фотографического действия отношение интенсивности светового потока, прошедшего через соседний со звездой участок фона, ограниченный тем же бликом (J_ϕ). Следовательно, отношение

$$\frac{J_*}{J} : \frac{J_\phi}{J} = \frac{J_*}{J_\phi}$$

явится мерой фотографического действия света звезды при измерении негатива на объективном микрофотометре.

Имея в виду пропорциональность фототока падающему на фотоэлемент световому потоку и, наряду с этим — пропорциональность отброса гальванометра фототоку, отношение $\frac{n_*}{n_\phi}$ должно служить мерой фотогра-

фического действия, выражая собой отношение световых потоков, прошедших через измеряемый элемент негатива и соседний с ним элемент фона. Правда, строгая пропорциональность отброса гальванометра фототоку соблюдается лишь при известных соотношениях параметров цепи, составленной из фотоэлемента и гальванометра. Но, даже при отсутствии пропорциональности, объективный микрофотометр может быть вполне надежно применен для определения звездных величин относительным методом, пользуясь характеристическими кривыми, построенными по стандартным звездам.

Отношение $\frac{n_*}{n_\phi}$ естественно, меньше единицы и если вычислять его с точностью до третьего знака, то удобно освобождать его от десятичных знаков, умножая на 1000.

Отношение

$$1000 \frac{n_{*}}{n_{\phi}}$$

обозначим через E и будем его называть отсчетом микрофотометра. Очевидно, E меняется в пределах от 0, — когда измеряемый элемент негатива совершенно непрозрачен, — до 1000, когда почернение элемента столь мало, что не отличается от фона.

Строго говоря, отсчет микрофотометра равен

$$E' = 1000 \frac{n_{*} - n_0}{n_{\phi} - n_0}$$

но измерения ведутся в таких условиях, что n_0 остается все время равным нулю, и потому мы имеем дело именно с выражением

$$E = 1000 \frac{n_0}{n_{\phi}}$$

что упрощает вычисления.

При обработке негатива мы не ограничивались лишь одним измерением каждого изображения, а делали по две наводки на него и по два раза отсчитывали, вместе с тем, фон около данного изображения. Отсчет на шкале берется с точностью до 0.2 мм, что в конечном итоге соответствует ошибке, меньшей ± 0.01 зв. величины.

Последовательность отсчетов следующая: звезда — фон около звезды — повторно звезда — повторно фон около звезды, с другой стороны от нее. По два значения n_{*} и n_{ϕ} осреднялись, после чего вычислялось E . Если разница в отсчетах при двух наводках на данную звезду превышала 0.6 деления шкалы, отсчет повторялся, т. е. брали еще третий или даже четвертый отсчет. Для фона, при двух наведениях на него, мы допускали разницу и до двух делений.

Во многих случаях можно было бы брать для фона лишь одно среднее значение отсчета гальванометра из трех или четырех наведений на фон и использовать его, правда, не для всей пластинки или всей измеряемой области, а для двух-трех десятков относительно тесно расположенных звезд. Как показали опыты, при некоторых условиях, это не могло внести заметных ошибок, объем же работы по обработке негатива мог бы быть значительно сокращен. Однако, мы все-таки отсчитывали фон при каждой звезде, — во избежание случайностей, тем более, что как мы убедились, даже при самой тщательной обработке негатива и при самых благоприятных качествах данной марки фотопластинки, вовсе не имеет места полная микрофотометрическая однородность фона. Впрочем, известно, что Росс в работе, где он изложил теорию измерений [777], показал, что даже тогда, когда фон меняется по всему негативу,

n_* и n_f действительно дают меру зв. величины, если n_f взято около изображения.

Отсчеты при наведении на звезду, отличные от отсчета на фон на 5 единиц (весьма слабое изображение звезды) или равные 5-ти (весьма яркая звезда), практически ставили предел нашим измерениям при фоне, равном или превосходящем 100. Нуль гальванометра, как сказано, у нас совпадал с нулем шкалы. Обычно, он бывал достаточно стабильным. Скорость микрофотометрической обработки, конечно, зависит от измерителя и от обрабатываемой области, которая может быть трудной в смысле отождествления звезд. Но, в среднем, в один час опытный измеритель промеряет 40—60 звезд, записывая вместе с тем отсчеты.

При измерениях мы пользовались накалом лампы от 9.0 до 11.0 вольт, в зависимости от плотности фона негатива. Во всяком случае, мы старались иметь такой накал, при котором отсчет гальванометра при наведении на фон элемента негатива, ограниченного нашей рабочей диафрагмой, находился в пределах 120—160. Мы стремились держать накал лампы по возможности неизменным в течение всего времени полной обработки данного негатива и даже двух, связанных между собой негативов. Это важно с той стороны, что изменение накала лампы меняет цветность испускаемого им светового потока. Но поглощение в измеряемом негативе нельзя считать нейтральным, — оно избирательно и следовательно изменение накала лампы может привести к дополнительным погрешностям в измерениях, несмотря на то, что отсчет микрофотометра характеризует данный элемент негатива и не зависит от интенсивности светового потока, также как и не зависит от чувствительности фотоэлемента. Мы говорили о тех мерах, которые принимались для достижения стабильности накала лампы и они обеспечивали ее в полной мере. Тем не менее мы контролировали накал все время, в процессе измерения негатива, вольтметром, включенным с этой целью в цепь. Впрочем, мы убедились, что изменение накала в той мере, которая может вызвать изменение фона в пределах 120—160 (значения, при которых мы обычно работали) не влияет на значение E .

Действительно, приведем данные измерений негативов №№ 825 и 826 с фотовизуальными и фотографическими изображениями звезд Полярной последовательности. Измерения проделаны по два раза с накалами, соответствующими фону около 120 и около 160. Для всех звезд — от ярких до слабых — отсчет микрофотометра меняется ничтожно мало (Таблица VI). Влияние на определяемые величины должно практически отсутствовать.

Для выполнения полных фотометрических измерений одного негатива, содержащего несколько сот измеряемых звезд, как это имело место в нашей работе, негатив должен находиться в обработке на микрофотомет-

ре в течение довольно большого промежутка времени, зачастую двух — трех и более суток. За это время могла измениться юстировка прибора: фокусировка блика или эмульсии, центрировка диафрагм и т. д. Все могло бы сказаться на отсчетах микрофотометра и вызвать добавочные случайные ошибки.

Таблица VI

Звезда	Негатив № 825		Негатив № 826	
	Отсчет микрофотометра		Отсчет микрофотометра	
	при фоне 120	при фоне 160	при фоне 120	При фоне 160
9	38	39	16	19
10	60	61	41	44
11	177	180	123	125
12	228	229	198	200
13	408	406	262	263
14	417	418	287	291
15	563	564	382	387
16	664	664	441	435
17	682	683	557	560
18	820	822	587	590
19	867	866	667	672
20	895	895	723	723
21	916	916	795	797
22	917	918	800	802
23	937	938	800	800
24	—	—	844	845
25	—	—	835	835
7 r	202	202	440	443
8 r	393	392	515	515
9 r	541	544	—	—
10r	854	856	660	658
11r	—	—	784	783
4 s	217	220	214	216
6 s	493	497	—	—

Для того, чтобы держать эти эффекты под контролем, мы выбирали на негативе несколько «контрольных звезд» различного блеска и время от времени—обычно три или четыре раза в день—повторно измеряли их во все дни, пока данный негатив находился в обработке. Осуществляя таким образом общий контроль точности, мы вместе с тем могли вводить и соответствующую редукцию, если замечали, что отсчет микрофотометра для данной звезды систематически монотонно изменялся. Однако при хорошей юстировке и при строгом соблюдении фокусировки O_1 и O_2 и:

центрировки диафрагм D_1 и D_2 , стабильность отсчетов бывала вполне удовлетворительной. Для иллюстрации мы приведем один пример многократного измерения четырех звезд на одном негативе (таблица VII).

Таблица VII

Звездная величина звезд	22.IX		23.IX	24.IX		25.IX	26.IX		
	утро	пол- день		утро	пол- день		утро	полдень	другой измери- тель
9.4	190	190	189	191	186	188	189	186	186
10.3	534	530	535	535	532	529	528	530	532
12.5	896	898	899	896	903	902	903	903	904

Как легко усмотреть, среднее арифметическое отклонение в отсчетах микрофотометра заключено в пределах от 1.7 до 3-х единиц, при этом оно больше для слабых звезд и меньше для ярких. Впрочем, эта разница незначительна и она обнаруживает себя не во всех случаях.

Даже максимальное отклонение в 4 единицы соответствует на средней части характеристической кривой всего лишь 0.02 звездной величины.

Конечно, точность измерений на микрофотометре зависит от применяемой в измерениях диафрагмы. Очень важно правильно установить размер диафрагмы, определяющий величину блика на измеряемом негативе. Выбор оптимального размера блика обусловлен в основном тем интервалом звездных величин, в пределах которого планируются данные измерения, а также и характером самих изображений. Понятно, что блик должен иметь размер, превышающий размер наибольших из измеряемых изображений звезд, но—превышающий лишь немного. Известно, что в случае измерения фокальных изображений крутизна характеристической кривой зависит от величины диафрагмы. При этом, как это легко понять, чем больше диафрагма, тем меньше крутизна. Значит, увеличение диафрагмы понижает точность результатов. С другой стороны, при больших диафрагмах, естественно, больше интервал измеряемых звездных величин.

Перед тем, как установить оптимальный размер рабочей диафрагмы, мы провели ряд опытных измерений в различных диафрагмах, подробно анализируя соответствующие характеристические кривые и получаемые точности. В результате мы остановились на диафрагме, обозначенной у нас № 2-ым и имеющей в диаметре 1.1 мм. При оптике нашего микрофотометра, этой диафрагме соответствует блик в 0.1 мм на измеряемом негативе, т. е. проекция на пластинке получается уменьшенной в десятикратном размере. В этом блике надежно промеряются у нас звезды от

10.2 до 13.5 величины, что удовлетворяет нашему выбору звезд, подлежащих исследованию. Кстати это является и подтверждением тому, что звездные изображения, получаемые на наших камерах, удовлетворительны; мы могли бы указать на примеры, из практики других обсерваторий, когда негативы не выдерживают работы с бликом в 0.1 мм в названных пределах величин.

Мы имеем в нашем Каталоге и более яркие звезды, но их относительно мало и для них мы прибегали к диафрагме № 1, для которой диаметр проекции на негативе равен 0.22 мм. Параллельное применение двух диафрагм расширяет пределы звездных величин измеряемых звезд, не внося заметных ошибок в эти измерения. Для отдельных Площадок мы имели снимки, выполненные с короткой экспозицией. В таких случаях могла применяться диафрагма № 2 и для ярких звезд.

Ошибки измерения негатива, влияющие на определения звездных величин, могут быть следующими:

- а) ошибка наведения на изображение звезды (установка изображения в центре блика),
- б) ошибка наведения на фон,
- в) ошибка, вызываемая изменением накала лампы,
- г) ошибка, вызываемая изменением чувствительности фотоэлемента,
- д) ошибка, вызываемая изменением чувствительности гальванометра,
- е) ошибка изменения нуля гальванометра,
- ж) ошибка центрировки диафрагм D_1 и D_2 ,
- з) ошибка фокусировки.

Если объектив O_1 отфокусирован хорошо и если приняты некоторые другие меры, связанные с юстировкой прибора, то ошибка (а) должна сводиться к нулю, так как при совершенно равномерной плотности светового потока внутри полного сечения диафрагмы, что имеет место при совершенной юстировке прибора, отсчет гальванометра не зависит от положения изображения в блике, если, конечно, все разложенные зерна эмульсии, относящиеся к данному изображению, находятся внутри блика.

Тем не менее необходимо считаться с одним трудно учитываемым обстоятельством. Дело в том, что даже при идеально однородном световом потоке и полном помещении изображения в пределах блика, отсчет может колебаться при подведении звезды в разные места сечения потока. Это может быть обусловлено неоднородностью и аберрацией линз объектива. В связи с этим, мы ввели в практику установку звездного изображения в диафрагме ориентируясь не по кресту нитей (хотя, конечно, последняя служила для начальной ориентировки), а—по минимальному значению отброса на шкале, т. е.—отклонения зеркала гальванометра. Действительно, даже при условиях отличной юстировки элементов, даю-

щих блик на негативе, ощущались слабые вариации в отбросах и можно было вылавливать их минимальные значения.

Ошибка (6) может показаться с первого взгляда весьма значительной, ибо вполне точное наведение на то же место фона практически неосуществимо, а фон заметно меняется на пластинке. Но мы уже говорили о порядке производства отсчетов на звезду и фон, — о порядке, который обеспечивает уверенные результаты.

То обстоятельство, что точность измерения фотовизуальных величин заметно больше точности измерения фотографических величин, обусловлено и влиянием фона. Даже самые слабые звезды, не поддающиеся фотометрическому измерению, на фотографических пластинках, снимавшихся фокально, оставляли очевидно следы на фоне пластинки. Действительно, мы заметили, что ошибка измерений фотографических величин для Площадей, изобилующих слабыми звездами, а именно в Млечном Пути, несколько выше обычной. Возможно, что именно это и сказалось на данных таблицы IX (см. ниже), где хоть и можно считать, что с точки зрения точности измерений все Площади в основном однородные, но все-таки ошибка, соответствующая Площадям низких галактических широт, имеет тенденцию к некоторому увеличению. На фотовизуальных величинах мы не могли заметить зависимости ошибки измерения от густоты звездного поля.

В связи с этим же можно указать на возможность влияния фона, подверженного некоторым местным вуалированиям по причине локального освещения поля или, наоборот, вследствие относительно пониженного освещения. Мы имеем в виду влияние на освещение фотопластинок локальных образований на небе: ярких звездных куч или темных туманностей. Даже простой случай редукции пластинки со снимком участков Млечного Пути на основе снимка Северной полярной области уже имеет в виду влияние разностей фона. В одних случаях это влияние может быть мало, в других напротив — заметно. Но это влияние должно выражаться в только-что указанном смысле. Кроме того, что мы подметили слабую тенденцию ошибки к увеличению с уменьшением галактической широты, мы произвели особые измерения специально выбранных областей. Наконец, мы снимали и такие участки Млечного Пути, где «яркие» области чередовались с «темными» в пределах одной и той же пластинки, и ошибку измерения мы могли исследовать для соответствующих мест данной пластинки (негативы №№ 2299, 2300, 2301, 2301Д, 2302 и др.). Укажем, в качестве примера, что на первых четырех из перечисленных тут негативов были произведены многократные измерения фона (около 70 раз на каждом негативе, в разных точках данного, относительно небольшого участка). Среднее значение отклонения отсчета гальванометра при наведении на фон для пластинок, экспонированных в

фотографических лучах во многозвездных участках, оказалось вдвое больше, чем в малозвездных участках. Между тем для пластинок, экспонированных в фотовизуальных лучах, этого различия не оказалось или во всяком случае оно не заметно и на отсчетах не сказывается. Эти измерения были произведены возможно тщательно наряду с параллельными измерениями—для контроля—фона в определенных, выбранных заранее точках пластинок. Одновременно делались отсчеты и на звездные изображения. При этом средние отклонения отсчетов микрофотометра оказались уже не столь разными и находились в общем соответствии с тем, что сказано выше о средней ошибке измерения звезды.

Ошибка (в) легко устранима, поскольку изменение накала лампы контролируется и, вместе с тем, она не велика, как это показано выше.

Ошибками (г) и (д) можно пренебречь, т. к. нет оснований считать, что чувствительность фотоэлемента или гальванометра хоть сколько-нибудь заметно изменяется во время измерения негатива. Правда, известно, что чувствительность фотоэлемента реагирует на изменения температуры. Некоторые авторы указывают на довольно большие значения температурного коэффициента для фотоэлементов и, в частности—селеновых [96]. Но, известно и то, что в общем и особенно в интервале температуры -25° — $+34^{\circ}\text{C}$ селеновый фотоэлемент обнаруживает меньшую зависимость от температуры по сравнению с другими фотоэлементами [624, 144]. Излишне говорить о том, что в условиях нашей обработки колебания температуры были столь незначительны, что ими можно было и вовсе пренебречь.

Что касается резких падений чувствительности фотоэлемента, что происходит изредка, они сразу привлекают к себе внимание и, следовательно, легко обнаруживаются.

Вместе с тем, подобные фотоэлементы не свободны от свойства «утомляемости», что проявляется в том, что интенсивность фототока обуславливается не только интенсивностью света, падающего на поверхность фотоэлемента, но и продолжительностью освещения до измерения. «Утомляемость» не проявляется вовсе или почти вовсе, когда освещение фотоэлемента чередуется с затмением. Применяемый нами порядок производства микрофотометрических измерений обеспечивает чередование освещения с затемнением. Поэтому можно считать, что ошибки «утомляемости» фотоэлемента, небольшие сами по себе, вовсе не должны сказываться на результатах наших измерений.

Наконец, селеновые фотоэлементы отличаются равномерностью чувствительности по поверхности [58]. Впрочем, последнее не могло представить для нас особенного интереса, т. к. блик, проходящий через диафрагмы и экранированный изображением звезды на негативе, проектируется всегда на одно и то же место поверхности фотоэлемента. При всех этих

11. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

рассуждениях надо иметь в виду, что все характеристики фотоэлементов, конечно, меняются от образца к образцу. Но, при дифференциальных измерениях, подобных нашим, все эти явления ничтожно сказываются на результатах. Не страшно, поэтому, и то, что один или два раза нам пришлось заменить фотоэлемент.

Ошибка (е) может играть заметную роль в случае малых отсчетов, т. е. для весьма ярких звезд. Медленные изменения нуля гальванометра (т. е. отсчета при затемненном фотоэлементе) неизбежны даже при отличном состоянии аккумуляторов, изоляции, контактов и т. п. Наконец, как известно, нуль гальванометра может меняться под влиянием температуры. Но, как сказано, порядок измерения делает возможным все время держать под контролем и корректировать положение нуля на шкале, благодаря чему эта ошибка устраняется.

Измерения весьма чувствительны к нарушению центрировки диафрагм D_1 и D_2 . Но при хорошем состоянии и хорошей юстировке прибора нет причин, которые могли бы заметно и часто нарушать взаимную центрировку диафрагм. Несмотря на это, как сказано, в процессе измерения мы следили за центрировкой и, во всяком случае, проверяли ее перед измерениями и после них.

Нарушения фокусировки таят в себе источники больших ошибок. Однако, фокусировка также находилась под непрерывным контролем во время измерения негатива.

При измерениях с автоматической фокусировкой, неизменность фокуса поддерживалась автоматически. После того-же, как автоматическая фокусировка была отвергнута и измерения шли с прижиманием к конусу с обратной, не эмульсионной стороны негатива, нарушения фокуса могли возникать лишь за счет изменений в толщине фотопластины. Но такие изменения, во всяком случае, — в ощутимых размерах не могли иметь места на столь малой площади негатива, как при наших измерениях — до 3-х градусов или 5 сантиметров. Из исследования А. В. Маркова [104] известно, что реальная дефокусировка, обусловленная этой причиной практически не играет роли для случаев фотометрии, подобных нашему. Предварительно, перед началом измерений, установив фокус по звезде в середине измеряемой площади, мы проводили в поле зрения всю площадь, подлежащую измерению, следя за тем, чтобы фокус оставался неизменным по всей площади. Лишь убедившись в этом, мы приступали к измерениям. Тем не менее, фокусировку, также как и центрировку диафрагм, мы проверяли и в процессе измерений.

Наконец, надо иметь в виду, что влияние всех перечисленных ошибок на отсчет микрофотометра значительно меньше, чем на отброс гальванометра. Другими словами, имея дело с отношениями отсчета гальванометра на звезду к отсчету на фой, мы значительно сокращаем влияние перечисленных эффектов на конечные результаты измерений.

Здесь же следует упомянуть еще о двух других источниках ошибок. Первый из них заключается в неверных отождествлениях звезд. Однако, тщательное сравнение поля пластинки с рабочей картой, а также и повторное и независимое измерение той же пластинки уменьшают вероятность возникновения ошибок отождествления. Наконец, казалось бы, что ошибки измерения могут возникать под влиянием изображений звезд, соседних и весьма близких к измеряемым. Мы провели ряд опытов с целью выяснить наличие подобных ошибок. Опыты заключались в том, что мы фотографировали некоторую область, богатую звездами на одной пластинке и, вслед за тем, ту же область—на другой, но дважды последовательно, несколько сдвигая пластинку по отношению к оптической оси. Все три экспозиции и, во всяком случае—первая и вторая, были строго одинаковы. Пластинки проявлялись вместе. После этого на второй пластинке находились звезды, которые имели около себя «спутников» в виде изображений каких-либо звезд, полученных при последней экспозиции. Такие звезды промерялись как на первой пластинке, где они были свободны от влияния соседних изображений, так и на второй пластинке, где весьма близкое расположение соседнего изображения могло влиять на отсчет микрофотометра. Многократные опыты показали, что подобное влияние практически не имеет места. Конечно, такими опытами трудно выявить, очевидно, небольшую ошибку влияния соседнего изображения, имея в виду, что изменение прозрачности при двух первых снимках, неизбежное увеличение вуали на второй пластинке и т. п. могут «смазать» названный эффект. Но опыты убедили нас, что если этот эффект и имеет место, то он очень мал и практически не влияет на измерения. Впрочем, это и следовало ожидать, ввиду того, что в нашем микрофотометре рассеянный свет убирается.

Заметим, что количественная теория микрофотометра разрабатывалась Сирсом и Россом [855, 777]. Формула, выражающая влияние расфокусировки на ошибку фотометрического измерения составлена М. А. Башакидзе [38]. Но, наиболее фундаментальное исследование вопроса о точности и правильности промера астрофотограмм и построение теории микрофотометра, в целом, принадлежит А. В. Маркову [104].¹

¹ Это исследование А. В. Маркова, отличающееся полнотой и обстоятельностью и вводящее новые приемы фотометрирования небесных объектов, поднимает на новую ступень всю теорию и практику промера астрофотометрических негативов. В нем обоснованы приемы ускорения и уточнения промера фотографической яркости изображений на негативе. При этом наиболее полно сформулированы требования, соблюдение которых может обусловить нужную точность микрофотометрических измерений. В исследовании вскрыты ошибки зарубежных исследователей, происшедшие из-за пренебрежения влиянием рассеянного света или неточностью, вызываемой неучетом краевого эффекта. В целом, исследование А. В. Маркова свидетельствует о значительных успехах советской науки в деле развития практики и теории микрофотометрических измерений фотографических изображений небесных объектов.

Какова же в конечном итоге точность наших измерений на объективном микрофотометре? Эту точность можно охарактеризовать вероятной ошибкой одного определения величины звезды по двум или нескольким повторным измерениям одного и того же негатива. Под вероятной ошибкой мы разумеем здесь величину, определяемую по формуле:

$$\rho = \pm 0.43 \frac{\sum |\Delta|}{(n-1)}$$

где $\sum |\Delta|$ — сумма абсолютных значений разностей между двумя значениями определяемой величины, n — число звезд. Все негативы, вошедшие в нашу обработку, промерены нами по два раза, а многие и по несколько раз — со специальной целью вывести вероятную ошибку одного измерения. Таким образом, у нас образовался большой материал, из которого эта величина получается с уверенностью. Однако, она несколько различна для фотографических и фотовизуальных негативов. Это обусловлено весьма заметным различием в характере изображений звезд на этих негативах, в силу хроматических свойств объектива. При этом, фотовизуальные изображения измеряются лучше, т. е. они имеют меньшую ошибку измерения, чем фотографические изображения. Первые по своему виду напоминают почти внефокальные изображения, представляя собой почти правильные, однородно зачерненные дискообразные изображения. У вторых же — более резкие, неправильные очертания.

Значение вероятной ошибки определения фотографической величины по нескольким повторным измерениям одного и того же негатива оказалось равным ± 0.04 . Для фотовизуальных величин эта ошибка равна ± 0.03 . Эти величины вычислены на основе весьма многочисленных данных, позволивших нам вместе с тем проследить вероятную зависимость их от яркости или цвета звезд.

Соответствующие данные приведены в таблицах VIIa и VIIб. Первая из них представляет зависимость вероятной ошибки измерения от цвета звезды (аргументом таблицы служит средний показатель цвета звезд), для фотографических и фотовизуальных изображений. В скобках указано количество звезд, участвующих в данных измерениях.

Таблица VIIa

Показ. цв.	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.60
Для фотогр. вел.	± 0.042 (115)	0.041 (150)	0.039 (165)	0.040 (160)	0.039 (170)	0.041 (130)
Для фотовиз. вел.	0.031 (110)	0.030 (145)	0.029 (165)	0.029 (170)	0.032 (165)	0.030 (130)

Во второй таблице аргументом служит средняя звездная величина.

Зависимость вероятной ошибки от цвета не наблюдается. Зато можно подметить небольшой эффект яркости; яркие звезды измеряются с несколько меньшей точностью. Этот результат, понятно, нельзя считать неожиданным.

Таблица VIIIб

Зв. вел.	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0
Для фотогр. вел.	± 0.043 (105)	0.042 (125)	0.040 (160)	0.038 (175)	0.039 (155)	0.039 (150)
Для фотовиз. вел.	0.031 (100)	0.031 (140)	0.031 (165)	0.029 (175)	0.030 (160)	0.029 (155)

Но в общем, как видно, ошибка измерения у нас невелика. В дальнейшем мы увидим, что она настолько мала по сравнению с ошибкой определения по нескольким негативам, что, пожалуй, достаточно было бы одной фотометрической обработки каждого негатива. Тем не менее, мы не ограничивались лишь одним измерением негативов, хотя бы только из-за того, что повторные измерения одного и того же негатива способствуют уменьшению ошибки отождествления, с которой также приходится считаться.

Величина ошибки измерения оказалась зависящей от сорта пластинки, что вполне понятно, ибо разные сорта пластинок характеризуются разными плотностями фона. Для пластинок Астра IX или даже Агфа Астро ошибка измерения оказалась наибольшей. Поэтому очевидно, что следует стремиться к пользованию такими пластинками, которые отличаются не только равномерным, но и слабым фоном.

Заслуживает быть отмеченным, что если отвлечься от различия в сортах пластинок и рассматривать ошибки измерения у нас для всех примененных пластинок в среднем, то оказывается, что она остается почти неизменной для всех исследованных Площадей, что указывает на то, что все измерения выполнены в общем в одинаковых условиях, с одинаковой точностью. Нижеследующая таблица IX иллюстрирует сказанное. В ней приводятся для отдельных Площадей значения вероятной ошибки определения показателя цвета по двум измерениям одной и той же пары негативов. Понятно, что эти величины несколько больше приведенных выше.

Таким образом, вероятная ошибка определения показателя цвета по двум измерениям одной и той же пары негативов равна $\pm 0^m.05$.

Таблица IX

ПК	ρ'	ПК	ρ'	ПК	ρ'	ПК	ρ'
8	± 0.05	2	± 0.05	1	± 0.05	13	± 0.06
9	05 ₅	3	05	4	05	14	05
19	05 ₅	7	06	5	04	15	05
24	06	10	04	6	04	29	05
40	05	17	06	11	05	30	05
		20	04	12	05	31	04
18	05	21	06	16	04	32	05
23	06	22	06	27	05 ₅	33	04
25	06 ₅	26	04	28	—	34	05
39	06 ₅	38	06	36	05 ₅	35	05
41	05	42	04	37	05		
		43	05				

§ 10. Построение характеристических кривых и вывод звездных величин

Как уже упомянуто, для построения характеристических (редукционных) кривых, служащих для вывода звездных величин, мы пользовались звездами Северной полярной последовательности (СПП), которые фотографировались, проявлялись и измерялись в условиях, тождественных с условиями пластинок исследуемых Площадей (ПК).

СПП и ПК фотографировались в большинстве случаев на пластинках 9×12 см, вырезанных из одной большой пластинки 18×24 см. Если же использовались пластинки меньших фирменных размеров, то во всяком случае, брались пластинки из одной и той же коробки. Можно было бы фотографировать СПП и ПК на одной и той же пластинке, как это нередко практикуется. Но, в таком случае, во-первых, возникли бы затруднения в отождествлении звезд, особенно, для Площадей, богатых звездами — около галактического круга. Во-вторых, получение изображений звезд Полярной последовательности для каждого снимка Площади заняло бы очень много времени и, в-третьих, такой способ мог бы вызвать систематические ошибки, обусловленные явлениями «предварительной засветки». Кроме последнего эффекта, при наблюдениях в таком порядке, могут оказывать неприятное влияние приводящие к ощутимым ошибкам и другие явления, например — действие влажности. Оно, очевидно, проявляется в том, что сильно понижается чувствительность фотопластинки в первые минуты экспозиции [833].

Правда, последние явления можно было бы устранить удвоением снимков, фотографируя в обратных последовательностях: СПП-ПК и ПК-СПП, но вряд ли было бы оправдано такое удлинение времени для на-

копления материала, тем более, что используемые нами аппаратура и фотопластинки требовали довольно продолжительных экспозиций — до 40 и 60 минут — для достижения желаемого предела величин (13.3 зв. вел.). Впрочем, эти соображения были проверены нами и опытным путем. Для ПК 29, кроме негативов, вошедших в основные измерения, мы получили снимки с одновременными изображениями звезд Полярной последовательности. По обработке оказалось, что отклонения значений показателей цвета, выведенных из этой пары, от средних значений, полученных по всем негативам, не отличаются от соответствующих отклонений, взятых для любой другой пары негативов. Но вместе с тем заметно возрастают ошибки отождествления звезд. Эти последние дали знать о себе даже в отношении ПК 29, отличающейся малым числом звезд (галактическая широта $+50^\circ$). Несомненно, что для Площадей более низких галактических широт они оказались бы весьма заметными и, более того, во многих случаях было бы практически очень затруднительно обрабатывать такие негативы.

На негативах Полярной области измерялись звезды Последовательности №№ 8—24,6 r —12 r и 4 s , 6 s . Значения их фотографических и фотовизуальных величин были взяты, в основном, из публикаций Международного астрономического союза [1030, 836], но были учтены и те поправки, которые опубликованы после 1922 года [842]. В 1945 году появилась работа Сирса и Джойнера, содержащая результаты новой ревизии цветовых показателей в Северной полярной последовательности [853]. Хотя цветовая система в общем остается та же, имеются некоторые поправки к цветам звезд в пределах 9.2 — 13.3 зв. величины. Этими поправками мы уже не могли воспользоваться, к тому же они очень малы (в пределах одной и двух сотых зв. величины).

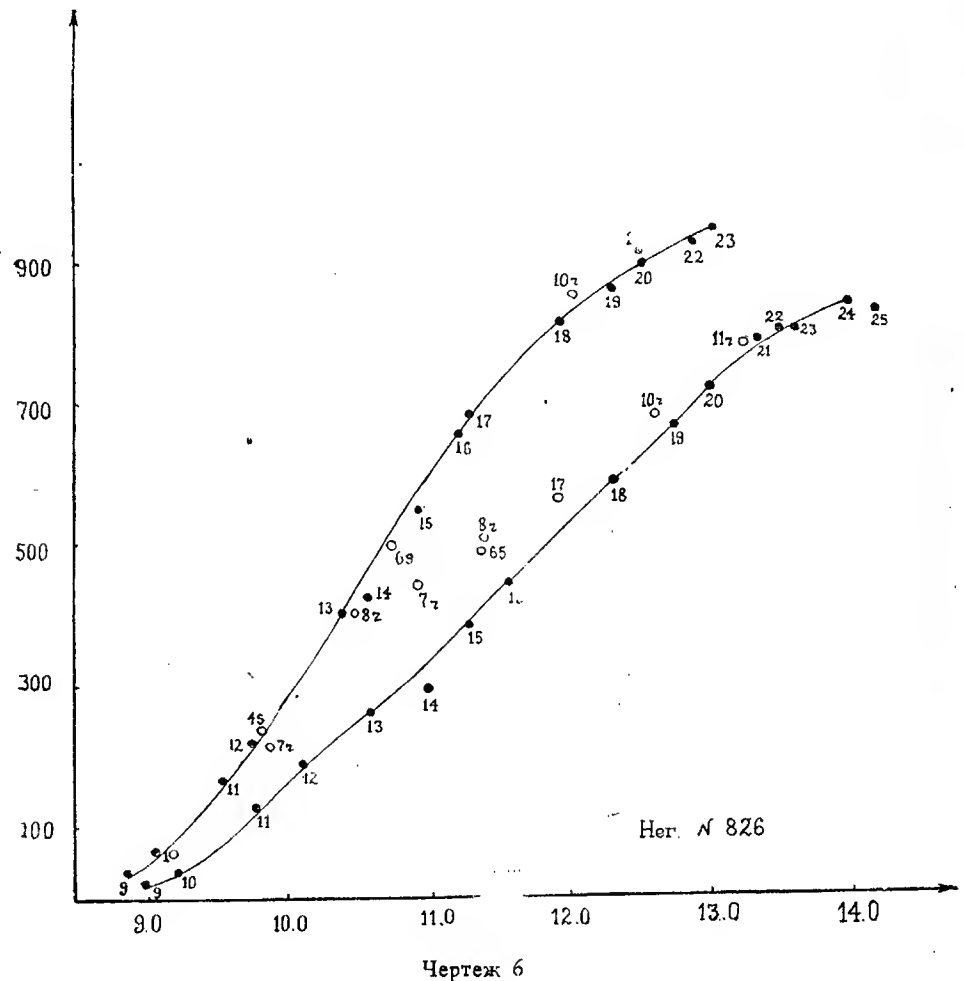
Если исключить звезды №№ 8 и 9, все остальные из перечисленных звезд находятся в окружности с диаметром менее одного градуса, внутри которой на высоте Полюса, над горизонтом в Абастумани, поправки за атмосферное ослабление весьма незначительно различаются между собой, в зависимости от разности в зенитных расстояниях. Поэтому эти поправки не были учтены.

Поправки за ошибку поля принимались во внимание.

Полярные снимки измерялись дважды — перед измерением негатива Площади и после него. Измерение негативов Полярной последовательности дважды в таком порядке имеет то преимущество, что, во-первых, получаются более уверенные средние значения E , а во-вторых, попутно осуществляется общий контроль измерений. Характеристические кривые (m, E) строились по средним значениям E , полученным из двух измерений, в масштабе 0.2 зв. величины (по оси абсцисс) и 40 единиц отсчета микрофотометра (по оси ординат) в одном сантиметре. Кривые получались вполне уверенными; рассеяние точек — незначительно, особенно для

фотовизуальных величин. В качестве иллюстрации приведем чертеж 6, где представлены две редукционные кривые ($m_{\text{фг}}, E$) и ($m_{\text{фв}}, E$), которые можно рассматривать как типичные (негативы №№ 825 д и 826 д).

Приведенные кривые относятся к измерениям в обычно используемой нами «рабочей» диафрагме. Кривая для фотографических величин построена по звездам, показатели цвета которых преимущественно не



превосходят 0.5 зв. величины; лишь пять звезд имеют показатели цвета в пределах от 0.5 до 0.7 и одна немного более 0.8 зв. величины.

Красные звезды №№ 6 r—12 r (показатели цвета более 1.0 зв. величины) располагаются отдельно и для случая фотографических величин они образуют некоторую «ветвь» основной кривой. Эти звезды нанесены на чертеже в виде кружков. К ним мы вернемся ниже в

связи с вопросом об уравнении цвета. Пока же мы не будем принимать их во внимание.

Интересно рассмотреть количественные характеристики этих кривых, как они представлены в следующей таблице X, где, наряду со значениями E и m , даны числа Δ , выражающие прирост величины, соответствующий приросту E в 40 единиц.

Легко усмотреть, что звездные величины определяются вполне уверенно в интервале от 9.4 до 13.5 в случае фотографических и от 9.2 до 12.7 зв. величины, в случае фотовизуальных величин, где редукционные кривые почти прямолинейны. За этими пределами, т. е. для очень ярких и очень слабых звезд, редукционные кривые очень пологи и при-

Таблица X

E	$m_{\text{фг}}$	$\Delta_{\text{фг}}$	$m_{\text{фв}}$	$\Delta_{\text{фв}}$	E	$m_{\text{фг}}$	$\Delta_{\text{фг}}$	$m_{\text{фв}}$	$\Delta_{\text{фв}}$
40	9.19	—	8.86	—	520	11.95	0.19	10.78	0.12
80	9.51	0.32	9.17	0.31	560	12.15	20	10.90	12
120	9.75	24	9.37	20	600	12.34	19	11.03	13
160	10.01	26	9.54	17	640	12.55	21	11.17	14
200	10.26	25	9.63	15	680	12.76	21	11.31	14
240	10.50	24	9.83	14	720	12.97	21	11.46	15
280	10.74	24	9.98	15	760	13.20	23	11.62	16
320	10.96	22	10.12	14	800	13.47	27	11.81	19
360	11.17	21	10.26	14	840	13.90	43	12.04	23
400	11.38	21	10.40	14	880	—	—	12.31	27
440	11.57	19	10.53	13	920	—	—	12.67	36
480	11.76	19	10.66	13					

рост величин велик, точность определения, соответственно, меньше. Вообще, интервал величин, который можно охватить надежными измерениями в одной диафрагме, равен около 3.5 зв. вел. Фотографическая редукционная кривая несколько положе фотовизуальной. Причина этого заключается в различном характере изображений звезд в фотографических и фотовизуальных лучах.

Пользуясь редукционными кривыми (m , E), легко получать значения звездных величин для исследуемых звезд на основании соответствующих им отсчетов E^1 . Однако, разумеется, что получаемые таким образом величины требуют исправления за ошибку поля и за разность в зенитных расстояниях, соответствующих высоте Полюса и высоте исследу-

¹ Для удобства вычислений, значения E не снимались непосредственно с кривых, а брались из таблиц отсчетов и величины, заранее составленных по кривым в удобной для пользования форме.

дуемой области над горизонтом в момент фотографирования. В случае фотографических величин необходимо было вводить также коррекцию за цвет, а в некоторых случаях поправку для приведения определений на пластинках разных сортов к одному известному сорту.

Ошибка поля или эффект расстояния от оптического центра таит в себе возможности возникновения весьма заметных погрешностей в определениях, подобных нашим. По мере удаления от оптической оси, как известно, растет эффект комы. В связи с этим свет звезды, при образовании изображения на пластинке, распределяется на поверхности фотопластинки, которая тем больше, чем больше данный элемент поверхности удален от оптического центра. Следовательно, меняется концентрация света, т. е. меняется плотность изображения, уменьшаясь с удалением от оптического центра. В конце концов меняется количество разложившихся зерен. Конечно, форма и размер изображения также претерпевают изменения. Между тем в микрофотометре применяемого нами типа измеряется полное поглощение света в звездном изображении, т. е. на результат измерения одновременно влияют как плотность, так и диаметр изображения. Когда мы имеем дело с весьма слабыми звездами, то в звездных изображениях различимы отдельные разложенные зерна эмульсии и поглощение в них, т. е. отсчет микрофотометра не зависит от формы изображения. Этим и объясняется достоинство нашего микрофотометра, из которого следует, что на нем возможно измерять и такие изображения, которые искажены комой, астигматизмом и другими подобными явлениями. С другой стороны, в случае ярких звезд, т. е. плотных изображений, зерна эмульсии не выступают раздельно, а перекрывают друг друга. При этом имеет место фотографическое расширение и поглощение в звездном изображении, а стало быть, отсчет микрофотометра зависит от величины и формы изображения. Излишне, конечно, говорить о том, что имеется в виду, что все изображения звезды или все разложенные зерна, составляющие его, помещаются внутри данной диафрагмы микрофотометра. Такова физическая сущность фотометрического эффекта расстояния от центра. В большинстве случаев этот эффект может весьма заметно влиять на результаты измерений, а потому его необходимо учитывать со всей строгостью.

Ошибка поля для наших объективов, как сказано выше, была предварительно исследована нами совместно с В а ш а к и д з е в 1939 году [42]. Было получено шесть формул для разных случаев и комбинаций каждого из объективов с разными фильтрами и без них. Ошибка поля оказалась несколько различной для разных случаев, однако все они могли

быть представлены одной средней кривой или одной формулой и последней можно было пользоваться для всех случаев.

Но надо иметь в виду, что камера № 2 дважды демонтировалась за это время и отправлялась в дальние экспедиции по наблюдению солнечного затмения, в связи с чем нарушалась и требовала повторного исправления центрировка оптической оси объектива по отношению к коллимационной линии камеры. Разные условия центрировки разнo влияли на значения ошибок расстояния от центра. Поэтому нам приходилось повторно определять поправки за расстояние и пользоваться в разные периоды их различными значениями. Надо признать, что в первые определения ошибки расстояния от центра вкралось некоторое влияние несовершенной центрировки. Несовмещение оптической оси объектива и коллимационной линии камеры, меняя характер изображения звезд на пластинке, может вызывать большие ошибки, зависящие не только от расстояния от центра, но и от позиционного угла. На самом деле коррекции за расстояние от центра имеют меньшее значение, чем те, которые приведены в работе [42].

Недостатком первого определения является и то, что для него была использована Полярная последовательность звезд. Фотографирование в Полюсе слишком отягощено легко возникающими ошибками, зависящими со своей стороны от положения на пластинке, чтобы прибегать к нему при исследовании ошибки поля, как таковой. Малейшая ошибка в часовом ходе может вызвать ложные поправки за расстояние от центра.

Но, для исправления величин, получаемых по пластинкам, снятым в некоторые периоды, когда коррекции специально не определялись, хотя они не могли не измениться, нам удавалось пользоваться одним снимком звездного поля для вычислений поправок за расстояния. Такая возможность основана на использовании звезд с известными величинами. Мы подбирали такие пары звезд равных величин, одни из которых находились в центре пластинки, в то время, как другие — вдали от него. В таком случае разницу в расчетах на каждую звезду из пары и можно рассматривать в качестве эффекта расстояния от центра.

Этот способ исключает ошибки, влекомые обычным порядком последовательного фотографирования одной и той же области на одной пластинке в разных удалениях от центра, — ошибки, могущие возникать в силу возможных изменений прозрачности или в связи с эффектом «предварительной засветки» или, наконец, от разных условий гидирования. Впрочем, большую опасность при подобных снимках представляет возможность несоблюдения совершенно точного равенства последовательных экспозиций. Тем более, что снимки, обычно выполняемые для подобных целей, не требуют длительных экспозиций. Тем опаснее даже малые нарушения в продолжительности последовательных экспозиций.

Однако, как сказано выше, для определения этих поправок лучше не пользоваться снимками Северного полюса, для которых малейшие неточности в установке телескопа или неудовлетворительный ход часового механизма могут внести ошибки, превосходящие исследуемую. Надо пользоваться звездными полями, подобранными так, чтобы они проходили вблизи зенита данного места, благодаря чему влияние дифференциальной экстинкции практически сводится к нулю.

Основные наши определения ошибки поля базировались на фотографировании звездных куч Плеяд и Яслей. Эффект предварительной засветки устранялся путем двухкратного фотографирования с последовательным перемещением изображений сначала от центра к краям, а затем в обратном порядке, от краев — к центру. Кроме того, была исследована возможная зависимость поправки за расстояние от позиционного угла, т. е. ошибка расстояния была исследована отдельно в четырех квадрантах. Этот последний вопрос потребовал специального исследования в связи с тем, что при программных фотографированиях мы не стремились к соблюдению порядка двухкратного фотографирования исследуемой области при восточном и западном положениях телескопа и в моменты звездного времени, отличные друг от друга на 6 часов, как это часто делается для устранения подобных ошибок.

Наконец, поправка за расстояние от центра оказалась в значительной мере зависящей от звездной величины звезды и настолько, что может меняться даже знак поправки.

Характер зависимости ошибки расстояния от центра может зависеть не только от звездной величины звезд, но и от их цветов. Действительно, изображение звезды на разных расстояниях от оптического центра зависит от хроматической кривой объектива. Более того, оно зависит и от спектральной чувствительности данной фотопластинки. В таком случае, принципиально недопустимо пренебрегать эффектом цвета и влиянием атмосферной экстинкции. Наконец, нельзя пренебрегать и влиянием диафрагмы, хотя как показали наши опыты, — оно практически совершенно незначительно.

Вообще, надо признать, что учет поправок за расстояние от центра не так прост, как это может показаться на первый взгляд.

На величину этих поправок влияет еще и целый ряд других факторов. Не только ослабление света — благодаря виньетированию, — и изменение формы изображения с расстоянием — благодаря коме, астигматизму и аберрации — являются этими факторами, но и дисторсия объектива, погрешности в установке телескопа по широте места, — особенно заметные при фотографировании в больших часовых углах, — дифференциальная рефракция, — влиянию которой особенно подвержены фотографии, полученные на относительно малых высотах над горизонтом, —

гидирование и даже качество изображений (атмосферные условия). При этом, как мы заметили, — правда, на небольшом материале, — при плохих изображениях ошибка поля уменьшается, очевидно, благодаря тому, что «размаз» изображения сглаживает разницу в характере изображений. Если иметь в виду наиболее тонкие эффекты, то следует считаться и с тем явлением, что потеря света на отражение больше для наклонных лучей (формула Френеля). Следовательно, светофильтр, установленный перед фотопластинкой может привести, со своей стороны, дополнительные эффекты.

Наконец, нельзя забыть и об эффекте гнутия, который в некоторых случаях устраняется наблюдением при восточном и западном положениях телескопа, а в большинстве случаев пренебрегается вовсе. Большинство из этих факторов влияют разное в разное время, т. е. их влияние меняется от ночи к ночи, от пластинки к пластинке. Легко представить поэтому всю сложность возможно полного учета поправок за расстояние от центра. Практически приходится вести весьма кропотливую работу, исследуя и определяя или, во всяком случае, контролируя значения этих поправок для каждой индивидуальной пластинки.

Конечно, влияние перечисленных выше факторов не во всех случаях одинаково заметно. Тем не менее, сказанное вновь убеждает нас в том, что при деликатных фотометрических работах надо, во-первых, стремиться к фотографированию около меридиана, не говоря о необходимости избегать фотографирования при сколько-нибудь значительных зенитных расстояниях, особенно — превышающих 48° , т. е. зенитное расстояние Полюса на нашей широте, и во-вторых, — вести фотометрические измерения только внутри возможно небольшой площадки, вблизи оптического центра.

Большой объем намеченной работы заставлял нас стараться не упускать хороших наблюдательных часов даже тогда, когда исследуемая Площадь Каптейна не находилась вблизи меридиана, особенно, — если она, по своему положению среди звезд, являлась для данного периода «уходящей». В связи с этим в некоторых (не многих) случаях мы отклонялись от правила фотографирования вблизи меридиана.

Что касается второго условия, то если в первый период нашей работы мы не пренебрегали большими расстояниями от центра, рассчитывая на коррекцию, вскоре мы решительно ограничили измеряемую площадку на пластинке. Но иногда в стремлении накопить звезды нужной яркости или особенно — нужного спектрального типа, нам приходилось подбирать и измерять их на краю площадки. Площадки же в используемых нами Каталогах БСО распространены на 3.5×3.5 градуса и если оптический центр фотопластинки совпадает с центром Площади, то, при полном использовании всей ПК, мы удаляемся от оптической оси до

105 минут дуги. В таких случаях ошибку поля приходилось учитывать со всей скрупулезностью.

Интересно проиллюстрировать влияние ошибки за расстояние от центра и устранение его на следующих данных. Для трех пар негативов, относящихся к различным ПК, мы составили разности величин ($m_{\text{фг}}$) кб и ($m_{\text{фв}}$) гр. Здесь и во всех других местах, ниже, значок «Кб» при символах величины или показателя цвета означает, что эти последние относятся к нашим определениям, выполненным на горе Канобили. Значок «Гр» означает величины БСО (Гронингенские). При этом в одном случае величины ($m_{\text{фг}}$) кб были получены без учета ошибки расстояния. В другом же принималась во внимание поправка за расстояние. Для этих двух случаев разности величин группировались по звездам, находящимся в кругу с радиусом в 0.8 см вокруг оптического центра пластинки и в пяти концентрических кольцах, с внутренними краями, представляющими круги с радиусами вокруг оптического центра в 0.8, 1.3, 1.7, 2.0 и 2.3 см, соответственно. В первом случае разности в величинах систематически возрастали при переходе к внешним кольцам. Во втором случае эти разности оставались в среднем постоянными, что свидетельствовало о том, что поправки достигали цели (табл. XI).

Таблица XI

	До испр. за расст. $\Delta m'$	По исправл. за расст. Δm	Количество звезд
Внутренний круг	+ 0.08	+ 0.07	125
Первое (внутреннее) кольцо	10	08	125
Второе кольцо	11	08	135
Третье кольцо	13	09	135
Четвертое кольцо	17	08	140
Пятое (внешнее) кольцо	19	09	135

Довольно эффективно можно сокращать ошибку поля диафрагмированием объектива камеры. В таком случае заметно улучшаются изображения звезд и расширяется поле хороших изображений, но уменьшается предел достигаемых звездных величин. Мы пробовали прибегать к такому средству, но лишь в виде опытов. Как правило же мы им не пользовались по двум причинам. Во-первых, если большая способность проникновения для фотографических величин допускала диафрагмирование объектива даже без необходимости заметно увеличивать экспозицию, то и без того низкий предел фотовизуальных величин понижался от диафрагмирования настолько, что он никак уже не мог удовлетворить нашим задачам. Во-вторых, большое количество негативов, служащих для разных приведений и вспомогательно-редукционных целей, по необходи-

мости было выполнено с короткими экспозициями, исключающими диафрагмирование объективов. Следовательно, для того, чтобы соблюсти однородные условия, т. е. чтобы не менять параметров применяемой оптики, мы решили выполнить всю работу без диафрагмирования объективов.

Вообще же мы убедились, что точность определений звездных величин и общее качество подобных каталогов зависит не столько от свойств применяемого инструментария, сколько от тщательности фотометрической обработки и в первую очередь от тщательного учета ошибки поля, который, как мы убедились, необходимо вести индивидуально для каждого негатива.

Мы были вынуждены избрать именно этот индивидуальный путь учета ошибки поля, хотя он весьма кропотлив и требует много времени. Практически приходится исследовать и строить кривую или табличку поправок за ошибку поля для каждого негатива. Достигается же это способом, вскользь описанным выше.

На данном негативе выбираются такие две звезды, которые имеют одну и ту же звездную величину (хотя бы по КATALOGУ БСО), но расположены одна около оптического центра, другая — вдали от него. При этом должны быть подобраны звезды одного и того же спектрального типа (нежелательно допускать разницу более двух или в крайнем случае — четырех подклассов). Беря отсчеты микрофотометра для первой и второй звезд, мы обнаруживаем их различие. Это последнее обусловлено только ошибкой поля (если зв. величины равны в пределах 0.01 — 0.02 зв. вел., а спектры — в пределах 2 — 4 подклассов). Само различие в отсчетах, отнесенное к данному расстоянию, служит поправкой за ошибку поля, выраженной в единицах отсчета микрофотометра. Нет необходимости переводить ее в звездные величины.

Чем лучше мы выбрали звезды в смысле совпадения их блеска и спектрального типа, чем больше мы взяли таких пар и чем разнообразнее пары по блеску и цвету, а также — по расположению вдоль радиуса от оптического центра, тем точнее и полнее учет ошибки поля.

При разнообразном подборе пар, можно пользоваться не одной единственной табличкой поправок для всех исследуемых звезд, а — несколькими, относящимися к разным интервалам блеска или отсчета микрофотометра. Таблички (или кривые) поправок можно дифференцировать и по признаку цвета звезды, пользуясь спектральной классификацией БСО. Но, каждую табличку можно и следует выводить как среднюю из измерений, по возможности, большего количества пар звезд.

В ряде Площадей Каптейна, богатых звездами, мы использовали для данной цели более двух десятков звезд. Но не во всех Площадах удастся подобрать соответственные пары в таком количестве.

При измерении фотовизуальных негативов мы встречались с затруднениями, связанными с ограниченностью данных о фотовизуальных звездных величинах. Здесь бывали случаи, когда мы не могли выводить табличку поправок для данного негатива и пользовались средними из табличек, относящихся к другим негативам. Но, поправки в случае фотовизуальных величин, вообще, значительно умереннее и более «устойчивы» от негатива к негативу.

Атмосферное поглощение учитывалось введением поправок за разность зенитных расстояний редукционной области СПП и исследуемой ПК.

Известна формула:

$$m_z - m_0 = -\frac{\log p}{0.4} [F(\zeta) - 1]$$

где m_z и m_0 — звездные величины данной звезды на зенитном расстоянии и в зените, соответственно; $F(\zeta)$ — оптическая длина пути луча звезды в земной атмосфере; p — коэффициент прозрачности.

Если допустим теперь, что m_{z1} и m_{z2} равны видимым звездным величинам на двух различных зенитных расстояниях ζ_1 и ζ_2 , то просто получить формулу:

$$m_{z1} - m_{z2} = \alpha [F(\zeta_1) - F(\zeta_2)]$$

где через α обозначено

$$\alpha = -\frac{\log p}{0.4}.$$

Этой формулой и пользовались мы для учета поправки за разность зенитных расстояний Северного полюса и наблюдаемой Площади, считая ζ_1 и ζ_2 зенитными расстояниями Полюса и Площади, соответственно. Следовательно, мы приводили наши наблюдения видимых звездных величин к зенитному расстоянию Полюса. Для коэффициента прозрачности p мы брали два значения, соответствующие фотографическим и фотовизуальным лучам: 0.70 и 0.82. Предварительные данные и исследования убедили нас в справедливости пользования этими значениями для длин волн в среднем около 4200 Å и 5600 Å для осуществляемых нами коррекций за зенитное расстояние.

Это находило подтверждение и в ряде других исследований, выполненных в Абастумани. Так, например, из весьма многократных определений коэффициента прозрачности атмосферы в Абастумани по электрофотометрическим наблюдениям звезд в течение 1942—1945 годов В. Б. Никонов [120] получил:

$$p = 0.68 \quad \text{для } \lambda = 3800 \text{ Å},$$

$$p = 0.84 \quad \text{для } \lambda = 5300 \text{ Å}.$$

По Т. Г. Мегрелишвили [108] коэффициент прозрачности для двух названных участков спектра имеет следующие посезонные значения:

Весна:	Лето:	Осень:	Зима:
0.68 и 0.84	0.63 и 0.82	0.68 и 0.84	0.68 и 0.84

Н. Б. К а л а н д а д з е [73] подробно исследовала общую и спектральную прозрачность с помощью объективной призмы перед объективом 20-см камеры и получила значения:

$$p = 0.73_2 \pm 0.009 \quad \text{для } \lambda = 4200 \text{ \AA}$$

$$p = 0.83_0 \pm 0.008 \quad \text{для } \lambda = 5650 \text{ \AA},$$

которые также близки к значениям, принятым нами.

Наконец, Н. А. М а г а л а ш в и л и в своей работе [97] приводит таблицу II, по которой нетрудно выяснить, что в период с 7 мая по 29 июля 1945 г. коэффициент прозрачности заключался в пределах 0.71—0.73 и 0.85—0.86 для фотографических и фотовизуальных величин, соответственно. Лишь к 7 августа, когда, кстати, существенно изменился характер атмосферных масс над Абастумани, коэффициенты приобрели значения 0.70 и 0.83, соответственно.

Коэффициент прозрачности определяется в Абастумани почти в каждую наблюдательную ночь в связи с производством фотоэлектрических наблюдений. Собственно говоря, мы могли пользоваться этими данными для того, чтобы вычислить формулу зенитной редукции отдельно для каждой ночи, т. е. для каждого данного значения. Но это оказалось нецелесообразным, т. к. пользование средним значением даст вполне удовлетворительные результаты, тем более, что коэффициенты прозрачности, определенные фотоэлектрически, относятся к эффективным длинам волн, несколько иным, чем наши, а простая интерполяция по последним заставила бы терять точность, достигаемую использованием еженочных наблюдений.

Но, электрофотометрические данные о прозрачности за отдельные ночи мы использовали при критическом рассмотрении нашего материала, когда в зависимости от качества материала и от атмосферных условий мы отказывались от некоторых негативов или устанавливали веса для определений по негативам, из которых составлялись средние значения величин. Отметим, попутно, и то, что, как показали электрофотометрические наблюдения, стабильность прозрачности атмосферы в Абастумани, на горе Канобили хороша как вообще, так и в пределах одной ночи. Это вытекает из исследований В. Б. Н и к о н о в а [119, 118], Т. Г. М е г р е л и ш в и л и [108] и Ш. М. Ч х а и д з е [218, 219], исследования которого относятся уже не к ночным электрофотометрическим наблюдениям, а — к дневным, актинометрическим. Это очень важное качество с точки зрения наших работ, при которых в течение одной ночи фотографируются с довольно продолжительными экспозициями несколько Площадей, связываемых при этом с одной редукционной областью, фотографируемой в течение ночи лишь один или хотя бы два раза.

12. Бюлл. Абаст. астрон. обс., № 12

Не безинтересно проиллюстрировать сказанное приведенной таблицей XII, содержащей данные для построения характеристической кривой по звездам СПП. Негативы, полученные в течение одной ночи 9-10. IV, 1943 в 23.2 и 3.5 часа, соответственно, экспонированы в одних и тех же условиях и проявлены одновременно. Эта ночь не отличалась особыми качествами ни

Таблица XII

Звезда СПП	Е			Звезда СПП	Е		
	I	II	III		I	II	III
9	31	33	30	16	451	454	453
10	56	55	56	18	602	600	503
11	137	140	138	19	680	682	686
12	210	212	215	20	737	736	738
13	276	272	276	21	810	812	811
14	308	302	305	22	816	816	814
15	397	392	396	23	817	816	821

Таблица XIII

Звезда СПП	Фотовиз. величины		Фотограф. величины	
	I	II	I	II
8	25	25	225	232
9	133	136	412	408
10	169	172	416	420
11	352	357	503	—
12	400	404	592	600
13	598	602	634	640
14	610	608	662	670
15	738	740	726	738
16	808	806	762	770
17	814	806	763	772
18	880	878	797	803
7r	386	391	—	—
8r	596	600	754	760
10r	912	910	820	823
11r	881	878	—	—
4s	—	—	605	612
6s	—	—	754	760

«на глаз», ни судя по данным электрофотометрических наблюдений. Она выбрана почти случайно и ее можно отнести к числу «средних» ночей. Легко убедиться, что все три негатива можно представить одной и той же характеристической кривой (таблица XII).

Мы проделали и другой опыт, получив тождественные пары негативов в две соседние ночи (негативы №№ 1361, 1362, относящиеся к 1.IX.1943 г. и №№ 1369, 1370, относящиеся к 2.IX. 1943 г.), и даже в ночи, разделенные промежутком в 5 дней, но проявленные вместе (таблица XIII).

Таблица XIII показывает, что каждый из данной пары негативов дает практически одну и ту же характеристическую кривую (подобные опыты, давшие аналогичные результаты, проделаны с негативами №№ 1653, 1654, 1660 и 1661). И если имеются хоть сколько-нибудь заметные расхождения между негативами двух последующих ночей, то они скорее для фотографических, чем для фотовизуальных лучей, что вполне естественно, когда расхождение отнесется за счет изменений прозрачности атмосферы.

При принятых нами значениях коэффициента прозрачности, α делается равной 0.387 и 0.215 для фотографических и фотовизуальных лучей, соответственно. Относя $F(\zeta_1)$ к Полюсу и беря его значение из известных таблиц Бемпорада, формулы редукции к зенитному расстоянию Полюса можно написать в простом виде:

$$\Delta m_{\text{фг}} = 0.387 [1.501 - F(\zeta)]$$

$$\Delta m_{\text{фв}} = 0.215 [1.501 - F(\zeta)].$$

Здесь значения $F(\zeta)$ берутся из тех же таблиц, но для относительно умеренных зенитных расстояний вместо $F(\zeta)$ можно брать, просто, значения $\sec \zeta$.

Если не ставить себе целью вывод самостоятельных значений звездных величин, то можно исправлять за разность зенитных расстояний только и непосредственно показатели цвета по легко выводимой формуле:

$$\Delta \text{ПЦ} = \text{ПЦ}_{\zeta_1} - \text{ПЦ}_{\zeta_2} = (\alpha_{\text{фг}} - \alpha_{\text{фв}}) [F(\zeta_1) - F(\zeta_2)]$$

или в числах:

$$\Delta \text{ПЦ} = 0.172 [1.501 - F(\zeta)]$$

или, наконец, еще проще:

$$\Delta \text{ПЦ} = 0.26 - 0.17 \sec \zeta,$$

если, конечно, снимки в фотографических и фотовизуальных лучах производились одновременно и на одинаковых зенитных расстояниях. Но это обычно так и делалось.

Мы пользовались последними формулами в тех случаях, когда прибегали к методу двух изображений на одной пластинке. Но, в таких случаях приходилось считаться с разностями в зенитных расстояниях снимков в раз-

ных лучах, в связи с последовательностью фотографирования при данном способе. Поэтому применялась формула, соответственно видоизмененная:

$$\Delta \Pi = 0.22 - 0.39 \sec \zeta_{\text{фг}} + 0.21 \sec \zeta_{\text{фв}}$$

При выводе вышеприведенных формул мы вообще не учитывали высоту места наблюдения над уровнем моря—за небольшими исключениями, хотя она для нашей обсерватории достигает 1600 метров. Среднее значение давления воздуха на горе Канобили в миллиметрах ртутного столба выражается числом 630. В таком случае коэффициент, на который необходимо умножить значения атмосферных масс (по таблицам Бемпорада) для того, чтобы привести их к высоте горы (отношение среднего давления на горе к давлению на уровне моря), равно 0.83. Легко убедиться, что, если учесть последнее в вышеприведенных формулах, значение поправки за зенитное расстояние не претерпит практически заметных изменений. А имея в виду дифференциальный характер наших наблюдений, тем более можно считать, что нет необходимости в поправке за высоту над уровнем моря. К ней мы прибегали в исключительных случаях больших зенитных расстояний, когда разность $[1.501 - F(\zeta)]$ достигала 0.3.

Мы не исследовали другого эффекта: влияния цвета звезды на величину поправки за зенитное расстояние [85]. Однако, можно заведомо считать этот эффект настолько малым, что он не должен оказать ощутимого действия на наши редукции.

Численно, поправки за разность в зенитных расстояниях в большинстве случаев невелики, что можно заключить и из того, что для около 160 пар снимков, вошедших в наши основные измерения, лишь семь случаев, когда зенитное расстояние превышает 60 градусов; в десяти случаях оно находится в пределах 54 и 60 градусов, и в 115 случаях—в пределах 24 и 53 градусов. В остальных случаях зенитные расстояния хоть и отличны от зенитного расстояния Полюса, но сами по себе малы.

Поправка за зенитное расстояние естественно должна была бы включать в себя, кроме чистого эффекта экстинкции, и эффект качества изображений звезд, который тем больше, чем меньше высота наблюдаемой площадки над горизонтом. Этот последний эффект подвержен изменениям во времени и он очень трудно поддается учету, тем более, что очевидно зависит еще от блеска и цвета звезды. При фокусном расстоянии камер в один метр, как это имеет место у нас, он мог бы оказать заметное влияние на результаты определений. К счастью, атмосферные условия на горе Канобили отличаются прекрасными и стабильными качествами звездных изображений. Это последнее обстоятельство очевидно играет свою роль в достижении конечной точности наших определений.

Следует, тем не менее, отметить, что и по причинам, изложенным здесь, при осуществлении работ, подобных нашей, целесообразно вести фотогра-

фирование на высотах Полюса. Впрочем, соблюдение последнего условия еще не означает освобождения результатов наблюдений от эффекта азимута, т. е. от возможных изменений качества изображений в зависимости от азимута. Последний эффект мы не учитывали не только потому, что его исключение потребовало бы либо фотографирования только в меридиане (но тогда нельзя было бы соблюдать условия равенства зенитных расстояний), либо нескольких фотографий данной Площади в различных азимутах (тогда эффект одновременности наблюдений, пожалуй, превзошел бы эффект азимута), либо, наконец, подробного исследования зависимости качества изображений от азимута. Но мы не учитывали его и потому, что почти систематический контроль качества изображений, который мы осуществляли попутно с нашими наблюдениями, не дал нам оснований ожидать эффекта азимута в такой степени, какая могла бы практически оказывать влияние на результаты определений¹.

Вывод средних значений звездных величин мы основывали на определениях по крайней мере по трем негативам. Из исследованных нами 43-х Площадей Кантейна лишь для двух удовлетворились мы двумя парами негативов. Для каждой из всех остальных же мы имеем не менее трех пар пластинок и не менее четырех пар — для большинства Площадей. Трех пар снимков вполне достаточно для каждой Площади, если они получены при хороших атмосферных и других условиях.

За все время работы мы получили вообще снимков на несколько десятков больше, чем перечислено в таблицах II наших работ (см. выше), но не все были включены в последние. В таблицы не вошли те пары, которые использованы лишь частично, с теми или иными конкретными частными целями, для проверки нескольких звезд или групп звезд. Так, например, если звезды, представляющие особенную ценность для нас (ранние звезды в тех Площадах, где их вообще мало), были расположены вдали от центра ПК и большая ошибка расстояния делала вывод их величин неуверенным, то мы повторяли фотографирование, совмещая участок этих звезд с оптическим центром пластинки. Это давало нам возможность улучшать выводимые величины данных звезд. Но в остальной части эти негативы не обрабатывались, а в связи с этим они и не включены в таблицы.

При выводе средних значений из ряда определений по различным негативам, мы учитывали вес каждого определения, оцениваемый нами на основании атмосферных условий в ночь наблюдения, характера изобра-

¹ Правда, в 1931 и 1932 гг., при работе экспедиции по изучению атмосферного режима с целью поисков места для постройки Горной обсерватории, подобная зависимость качества изображений звезд от азимута в Абастумани была подчеркнута нами [20], но те наблюдения относились непосредственно к ущелью Абастумани. Эффект азимута вызывался очевидно целиком нижними слоями атмосферы, распространяющимися параллельно рельефу ущелья. Они, при наблюдениях с горы Канобили, не пересекаются линией наблюдения.

жений, качеств гидировки и изображений звезд Полюса и всех других признаков и факторов, могущих влиять на выводимые величины.

Что касается фотометрических измерений на объективном микрофотометре, то каждый негатив обрабатывался, по крайней мере, дважды, что вполне удовлетворяет требованиям необходимой точности наших определений; мы убедились выше в достаточно малых значениях ошибок измерений одного негатива.

§ 11. Фотографические величины звезд. Их связь с интернациональной системой

Итак, фотографические величины звезд, вошедших в наш Каталог, мы выводили на основе стандартов Северной полярной последовательности. Выше, где приведены для иллюстрации редукционные кривые (m , E), мы лишь вскользь упоминали о том, что кривая имеет некоторую «ветвь», соответствующую красным звездам. Действительно, кривая построена по звездам, показатели цвета которых меньше 0.6 зв. величины. Звезды, снятые в фотографических лучах, но имеющие большие показатели цвета — около 0.7 зв. величины и более, — систематически выпадают из цепи других звезд: не ложатся на основную кривую, а отклоняются от нее. Систематическое отклонение выражается в том, что фотографические яркости красных звезд измеряются слабее, т. е. ветвь, которую составляют красные звезды, располагается слева и выше основной кривой, когда звездные величины по оси абсцисс растут слева направо, а отсчеты микрофотометра по оси ординат — снизу вверх. Эта ветвь отходит от основной кривой на 0.2—0.4 зв. величины, постепенно стремясь к ней при переходе к слабым звездам и сливаясь с ней в точках с абсциссами около 13.0 зв. величины (чертеж 6). Следовательно, для очень слабых звезд зависимость от цвета резко уменьшается. В пределах же от 10.0 до 12.2 зв. величины она остается почти постоянной, не меняясь с яркостью. При этом, расхождение между кривыми остается в пределах 0.4—0.3 зв. величины.

Эта ветвь, собственно, обусловлена тем, что величина звезды, постольку поскольку она определяется по измерениям изображения на фотографической пластинке, зависит не только от интенсивности ее света, но и от цвета. Сравнения между собой различных каталогов величин всегда обнаруживают заметные систематические различия, зависящие от цвета. Наличие этих различий делает необходимым определение соотношения между фотометрической системой, даваемой данной аппаратурой, и интернациональной системой. В этом заключается задача определения урав-

нения цвета. Другими словами, измеренная звездная величина нуждается в поправке за счет цвета звезды, т. е. в поправке, являющейся функцией от цвета звезды. Лишь при учете этой поправки мы получим исправленную звездную величину $m_{\text{фг}}$, которая складывается из наблюдаемой $m'_{\text{фг}}$ и поправки $\varphi(\text{ПЦ})$. Последнюю нельзя вообще считать линейной функцией по отношению к цвету—ПЦ. Она более сложная функция, зависящая, вместе с тем, и от интенсивности света звезды, т. е. от ее величины, хотя последней в уравнении цвета часто пренебрегают.

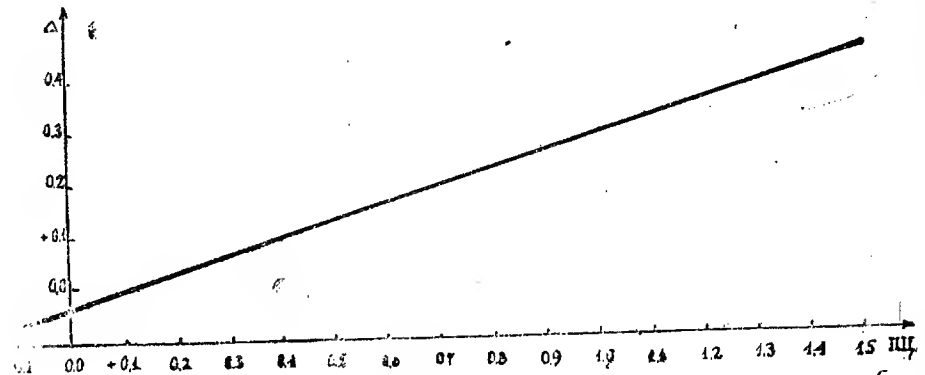
Пользуясь редукиционной кривой, имеющей ветвь красных звезд, мы, по существу, выполняли операцию графического учета «уравнения цвета», снимая значения $m_{\text{фг}}$ для звезд ранних и средних спектральных классов (В-А-Г) с основной кривой, а для поздних звезд (G2—G4 и позже)—с ветви красных звезд. При этом мы пользовались спектральной классификацией каталогов БСО, как критерием цвета звезд. Следовательно, исправлялись величины лишь тех звезд, цвета которых выражаются приблизительно показателями цвета большими, чем 0.5 зв. величины. Нельзя однако не признать, что такой способ оставляет возможности для образования ошибок, связанных с тем, что в областях, пораженных значительным избирательным поглощением, даже ранние звезды могут быть достаточно красны для того, чтобы они требовали учета эффекта цвета. Это касается, в первую очередь, слабых или далеких звезд, которые, находясь даже в относительно прозрачных направлениях, все-таки могут обнаружить межзвездное покраснение. Но и яркие звезды не избавлены от этого эффекта, если они расположены в областях, отягощенных большим избирательным поглощением. Поэтому, вывод звездных величин с достаточной точностью требует их определения в двух приближениях: сперва предварительно, а потом—с учетом установленного покраснения. Эта работа весьма кропотлива, но для ряда Площадей и для наиболее ранних звезд нам пришлось ее выполнить.

Для представления зависимости от цвета в виде уравнения, мы строили характеристические кривые лишь по тем звездам Полярной последовательности, показатели цвета которых близки к нулю. Затем, с этих кривых снимали значения величин для «красных» звезд Полярной последовательности, т. е. тех звезд, показатели цвета которых близки к 1.0 зв. величине. Полученные значения фотографических величин последних мы сопоставляли со значениями, известными в интернациональной системе, а соответствующие разности представляли как линейные функции показателей цвета. Написав несколько десятков таких уравнений, мы находили численные значения параметров по способу наименьших квадратов. Более 160 отдельных соотно-

щений послужили нам для вывода формулы, представляющей уравнение цвета в следующем виде:

$$(m_{pr}) = (m_{pr})_{спп} - 0.032 + 0.324 ПЦ \pm 0.016 \pm 0.014 \quad (1)$$

Зависимость фотографических величин от цвета звезд значительна, что объясняется aberrациями объектива и некоторым отклонением эффективной длины волны нашей комбинации светофильтра с фотопластинками от эффективной длины волны, соответствующей интернациональной системе.



Чертеж 7

Чертеж 7, представляющий кривую, отвечающую формуле (1), дает более наглядное представление об уравнении цвета.

Оно довольно значительно для красных звезд, характеризующихся показателями цвета около 0.7 и более.

Как уже говорилось, мы пользовались различными марками фотопластинок для определений фотографических величин звезд. Вполне понятно, что уравнение цвета должно быть различно для разных марок. Однако, огромную положительную роль играет применение светофильтра, который в значительной степени устраняет цветовые различия фотопластинок разных марок, выравнивая значения эффективных длин волн комбинаций светофильтра БГз с фотопластинками различных марок. Мы определяли уравнения цвета почти для всех используемых нами сортов фотопластинок без фильтров и в комбинациях с фильтрами и, к большому удовлетворению, убедился в столь выгодном действии светофильтра БГз. Лишь для комбинации последнего с фотопластинками Агфа Астро множитель при ПЦ в уравнении оказался заметно большим, т. е. равным +0.427, с ошибкой определения, равной ±0.029. Но и это значение множителя нельзя считать показателем большого различия в цветовых чувствительностях пластинок в комбинации с фильтром. Поэтому, мы не приняли во внимание этих

различий и включили в упомянутые выше 160 соотношений данные, относящиеся ко всем использованным сортам фотопластинок, в том числе и к Агфа Астро. Следовательно уравнение (1) следует рассматривать как некоторое среднее для всех сортов фотопластинок.

Близость между собой эффективных длин волн различных комбинаций светофильтра БГз с использованными фотопластинками следует и из результатов непосредственного определения эффективных длин волн нашей системы, выполненного нами возможно тщательно. Но этого определения мы коснемся подробно в соответствующем месте.

Наконец, мы сопоставляли между собой значения показателей цвета или звездных величин, получаемых по различным сортам пластинок, и убеждались в незначительности систематических различий. Тем не менее, результаты этого сопоставления дали нам возможность приводить определения, выполненные по разным сортам пластинок, к определениям, относящимся к пластинкам Агфа Изохром, которые мы считаем основными в наших измерениях фотографических величин. Подобная редукция потребовала много труда, но она незначительно повлияла на окончательные средние значения показателей цвета звезд. Между прочим, снимки для этих редукций делались специально. А так как редукция вызывалась возможными различиями лишь в фотографических величинах (в виду того, что пластинки для фотовизуальных величин были почти всегда одинаковы), то можно было ограничиться лишь снимками в фотографических лучах. Но тем не менее мы производили парные (фотографические и фотовизуальные) снимки, как обычно. В данном случае фотовизуальные снимки служили хорошим контролем прозрачности и прочих условий. Это было важно, если иметь в виду, что снимки для данных целей занимали большие промежутки времени — до полной ночи (№№ соответствующих негативов: 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429а, 1430а, 1431а, 1432а, 1511, 1513, 1515а, 1552, 1553, 1554, 1555, 1556, 1557, 1558, 1559, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572; сняты в период с 30. XI. 1943 по 11. X. 1944).

Строго говоря, тщательный вывод уравнения цвета требует учета не только различия в марках фотопластинок, но и изменения продолжительности экспозиции, качества изображений, условий проявления и, наконец, гидрирования и фокусировки. Возможно, что эти два последних фактора являются наиболее ощутимыми. Но понятно, что когда мы придерживаемся однородного режима фотографирования и проявления со всей возможной строгостью, практическое влияние большинства из перечисленных факторов сводится почти к нулю. Учет качества изображений, конечно, практически почти невозможен, но то обстоятельство, что мы, придавая веса различным

определениям, брали в расчет и этот фактор, должно уменьшать влияние его и со стороны уравниения цвета.

Рассмотрим теперь подробно полученные нами ряды фотографических величин, их соотношение с соответствующими рядами других определений и особенно с системой интернациональных величин. В связи с исследованием в последующем избирательного поглощения и его увеличения с расстоянием, особенное значение приобретает для нас вопрос о возможном наличии в наших определениях заметной систематической ошибки, зависящей от видимой звездной величины. Этот вопрос заслуживает особого внимания к себе в интересах правильной интерпретации обнаруживаемого наблюдениями покраснения звезд с уменьшением их видимого блеска.

Проверим указанную систематическую ошибку сравнением наших величин со значениями, полученными в других системах.

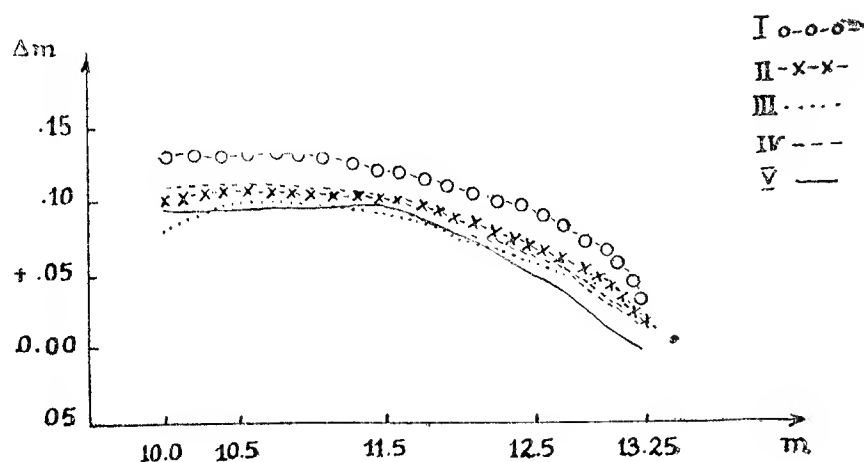
Все 14000 звезд нашего Каталога имеют известные фотографические величины, определенные в Гронингене по фотографиям, произведенным в Гарвардской обсерватории. Эти величины помещены в каталоге БСО. Они признаны близкими к интернациональной системе величин и, вместе с тем, они сами не отягощены систематическими ошибками, как это следует из рассуждений вводной части каталогов БСО. Таким образом, нам представилась хорошая возможность сравнения величин для весьма большого количества звезд.

Составив таблицы разностей между нашими фотографическими величинами и Гронингенскими и расположив, при этом, разности по блеску звезд, мы построили графики зависимости разности от блеска почти для 13000 звезд, отдельно для отдельных групп ПК. Мы нашли целесообразным рассмотреть эти разности именно по тем группам ПК, на какие они разделены у нас по признаку галактических широт, т. е. дискуссия общих результатов в большом количестве случаев базируется на сравнении между собой средних данных, относящихся к упомянутым группам. В этом смысле, важно убедиться, что отдельные группы в среднем однородны в отношении систематических ошибок входящих в них звезд.

Как это следует из чертежа 8, разности ведут себя почти совершенно одинаково для всех групп ПК. Вообще же, все они уменьшаются в небольших пределах по мере перехода к слабым звездам. Следовательно, если Гронингенские величины считать совершенно свободными от систематических ошибок и признать наличие у нас систематической ошибки хотя и незначительной, то знак этой ошибки таков, что последняя не могла бы уменьшить надежности наших интерпретаций и выводов об избытках цвета и об их увеличении с расстоянием.

Характерно, что кривые на чертеже 8 не только имеют одинаковый вид, но вместе с тем они расположены тесно, что показывает и количественную однородность материала, относящегося к различным группам ПК.

Правда, кривая для группы I несколько выше других, но это, возможно, объясняется тем, что она относится к самым первым нашим определениям, при которых, очевидно, не все факторы учитывались достаточно тщательно. В частности, могло сказаться, хотя и в весьма небольшой степени, — отсутствие редукции величин, полученных по пластинкам Агфа Астро. Во всяком случае, нельзя отнести это явление за счет Гронингенских величин, насколько об этом можно судить по данным вводной части каталогов БСО.



Чертеж 8

Связь наших величин с Гронингенскими можно выразить и формулой, выведенной нами по способу наименьших квадратов на основе большого количества сопоставлений (несколько сот условных уравнений). При этом разности группировались в таблицы, составленные по аргументам блеска и спектрального класса, а в условные уравнения вносились значения разностей, средние для данного блеска и данного спектрального класса.

В результате мы получили для соотношения между нашими фотографическими величинами и Гронингенскими следующее выражение:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{кб}} - (m_{\text{фг}})_{\text{Гр}} = +0.02_3 - 0.01_4 (m - 11.0) + 0.08_5 C \quad (2)$$

$$\pm .010 \pm .008 \quad \pm .021$$

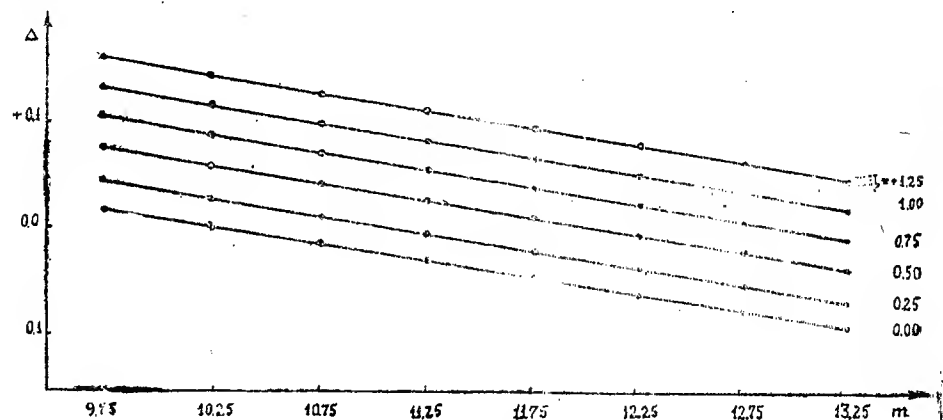
Но при выводе этой формулы мы пользовались Гронингенскими величинами, приведенными к величинам Моунт Вильсон согласно таблицам сравнения № 17 в БСО, I и БСО, II. Таким образом, эта формула скорее выражает связь с величинами Моунт Вильсон [854]. Впрочем, мы имели возможность сравнить наши величины с величинами Моунт Вильсон непосредственно. В построении же величин Моунт Вильсон достигнуты

весьма хорошие результаты. Эта система, распространенная до такого далекого предела как 17—18 зв. величины, свободна от систематических ошибок. Она мало отличается от системы Trans. Int. Astr. Union, I. 1922, в частности и в интервале зв. величин 11—13.5, как в отношении нуля-пункта, так и в отношении шкалы величин (MtW Contr., 289, 1925). В каждой ПК имеются в среднем около десяти общих звезд, т. е. звезд, имеющих определения величин в каталоге Моунт Вильсон и у нас. Подобное сопоставление для 300 звезд во всех исследованных нами ПК дало столько же условных уравнений, решение которых привело к следующему:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{КБ}} - (m_{\text{фг}})_{\text{МВ}} = -0.019 - 0.03_2 (m - 11.0) + 0.11_3 C \quad (3)$$

$$\pm 0.018 \quad \pm 0.011 \quad \pm 0.022$$

Чертежи 9 и 10 построены на основе уравнения (3), причем на первом из них даны зависимости разности в звездных величинах от блеска, отдельно для звезд, имеющих цвета, соответствующие показателям цвета, равным 0.00; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 и 1.25. На втором чертеже разности в величинах представлены в зависимости от цвета звезд, отдельно для звезд, имеющих фотографические яркости, равные 10.5, 11.0, 12.5, 13.0 и 13.25 зв. величины.

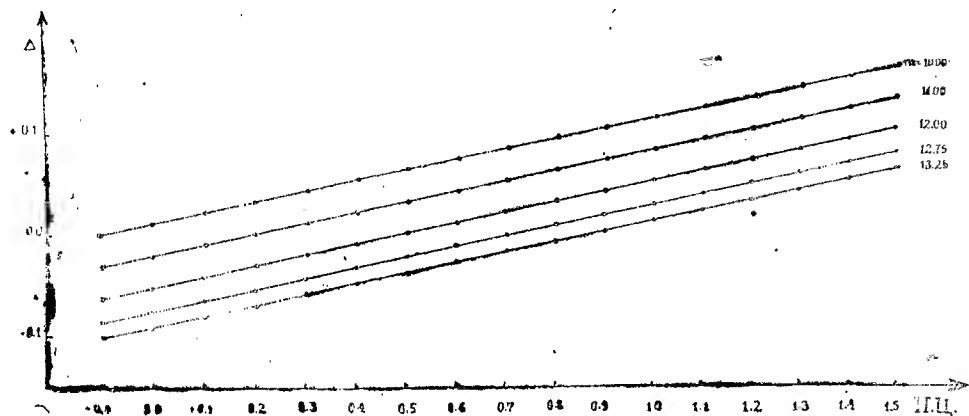


Чертеж 9

Коэффициент, определяющий зависимость от блеска, в формулах (2) и (3) мал и он действительно уменьшает разность в величинах при переходе к слабым звездам. Но из этих уравнений следует, вместе с тем, более заметная зависимость от цвета.

Уравнения, подобные уравнению (2), выводились и в отдельности для Площадей разных групп. В отношении их можно заметить, что они все носят в общем одинаковый характер. Каждое из них основано на условных уравнениях числом от 80 до 150.

Интересным является сравнение наших величин с интернациональными величинами С и р с а и его сотрудников, опубликовавших в 1941 году Величины и Цвета Звезд Севернее $\delta = +80^\circ$ [855]. Этот каталог представляет собой образец наиболее тщательно выполненной работы по построению системы величин и он предоставляет большие возможности для сравнений и редукций к интернациональной системе как фотографических, так и фото-



Чертеж 10

визуальных величин. Для этой цели мы использовали большой негативный материал, как из тех пластинок, которые послужили нам для наших основных определений (см. выше), так и из специально полученных фотографированием областей с центрами около $\delta = +82-84^\circ$. Мы избегали таких участков около Северного Полюса, про которые известно, что они поражены поглощением (напр. $\delta = 86^\circ$. 5; $\delta = 87^\circ$. 3 [660]).

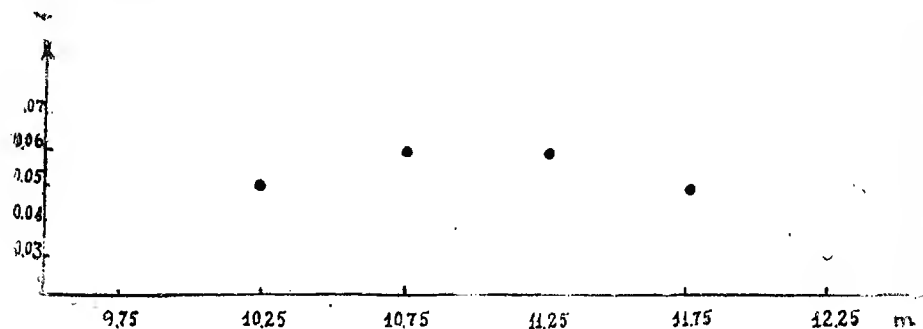
Сравнение наших и интернациональных значений фотографических величин для большого количества звезд дало нам для разности $(m_{фг})_{кб} - m_{фг})_{инт}$ следующие значения, зависящие от блеска звезд (см. также чертеж 11):

$9m_{75}$	10.25	10.75	11.25	11.75	12.00
$+0m_{04}(40)$	$+0.05(85)$	$+0.06(150)$	$+0.06(100)$	$+0.05(60)$	$+0.03(45)$

В этой табличке цифры, помещенные в скобки, означают количества звезд, по которым выведены средние значения разностей. Звезды, содержащиеся в каталоге С и р с а, главным образом, ярче 12-ой зв. величины и потому данные таблички не могут перекрыть весь интервал величин нашего Каталога.

Разности величин находятся в пределах 0.03—0.06, причем наибольших значений они достигают для звезд среднего блеска. Ход разности в зависи-

мости от блеска звезд выражает отклонение нашей шкалы величин от интернациональной.

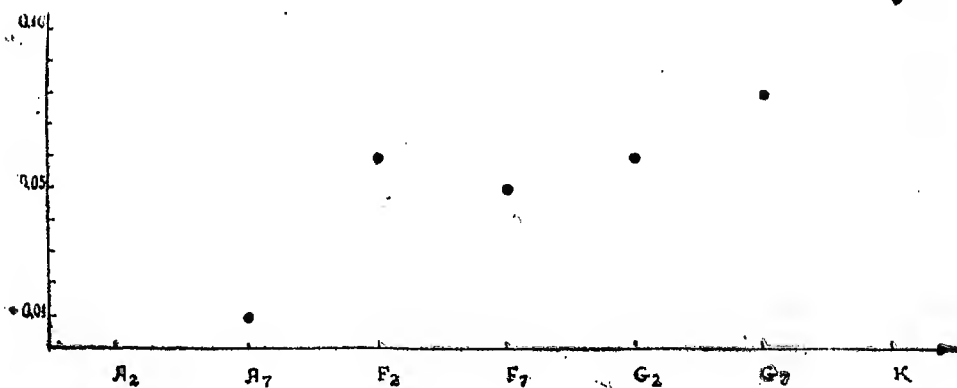


Чертеж 11

Если рассмотреть аналогичные разности в величинах в зависимости от цвета, или спектрального типа звезд, то получится следующая картина (см. также чертеж 12):

A0—A4 A5—A9 F0—F4 F5—F9 G0—G4 G5—G9 K0—
 +0.02(20) +0.01(30) +0.06(45) +0.05(95) +0.06(120) +0.08(95) +0.11(20)

Зависимость от цвета выражена резко и разности возрастают с увеличением показателей цвета, что находится в согласии и с данными, изложенными выше, например, — вытекающими из чертежа 10.



Чертеж 12

Среднее взвешенное значение для разности $(m_{\text{фг}})_{\text{кб}} - (m_{\text{фг}})_{\text{инт}}$ оказывается равным $+0.05_3$ и $+0.06_0$ зв. величины по первой и второй таблицам, соответственно.

Наконец, мы вывели по способу наименьших квадратов формулу, где упомянутая разность представлена как функция блеска и цвета звезд, одновременно.

Использование, в связи с этим, 12 снимков и измерение около 90 звезд на каждом негативе привело нас к следующему соотношению между нашими и интернациональными фотографическими величинами:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{КБ}} - (m_{\text{фг}})_{\text{инт}} = +0.01_2 - 0.03_0 (m - 11.0) + 0.08_7 C \quad (4)$$

$$\pm .014 \pm .011 \quad \pm .018$$

Это уравнение мы рассматриваем в качестве редуционного к интернациональной системе. Три члена, содержащиеся в его правой части, определяют собой нуль-пункт, точность шкалы величин и, наконец, влияние на величину звезды ее цвета. Этим последним членом иногда—хоть и редко теперь—пренебрегают при выводе редуционных уравнений. Но он имеет не меньшее значение, чем второй, ибо звездная величина, понятно, является величиной, выражающей одновременно как полную интенсивность света, т. е. излучение, так и спектральное распределение энергии этого излучения. В связи с этим подобные соотношения всегда лучше представлять именно тремя членами.

На основании уравнения (4) составлена таблица XIV, по которой можно подробнее рассмотреть зависимость разностей в величинах от блеска и цвета.

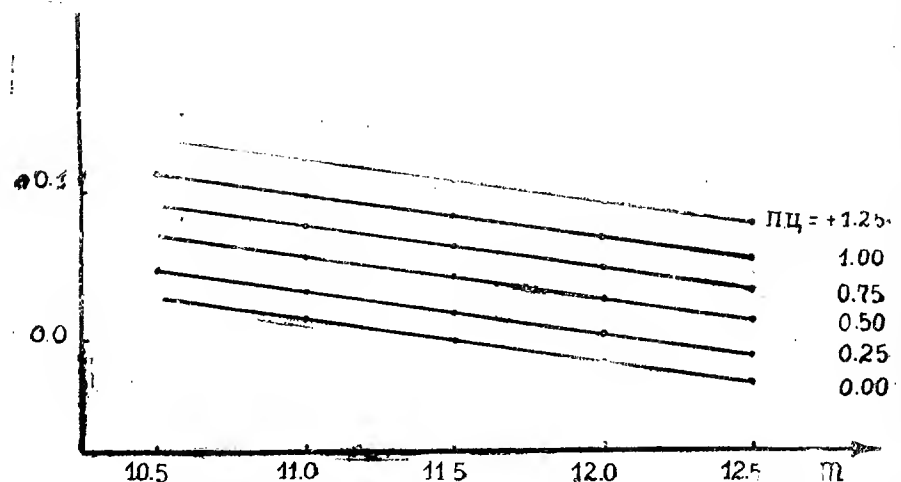
Таблица XIV

Пок. цв. Зв. вел.	0.00	+0.25	+0.50	+0.75	+1.00	+1.25
10.5	+0.027	+0.049	+0.071	+0.093	+0.114	+0.137
11.0	+0.012	+0.034	+0.056	+0.078	+0.099	+0.121
11.5	— 0.003	+0.019	+0.041	+0.062	+0.084	+0.106
12.0	— 0.018	+0.004	+0.026	+0.048	+0.070	+0.091
12.5	— 0.033	— 0.011	+0.011	+0.033	+0.054	+0.076

Еще нагляднее выступит данное соотношение между величинами, если построить чертежи 13 и 14, аналогичные чертежам 9 и 10.

Общий характер этих чертежей находится в согласии с графиками 9 и 10, также как и с данными чертежей 11 и 12. Этому и следовало ожидать, ввиду того, что во всех данных случаях мы сравниваем наши величины с интернациональной или близкими к ней системами. Согласно несколько нарушается лишь в отношении левого конца графика 11, что можно объяснить тем, что в данном случае осреднение происходит для

относительно малого количества звезд. При этом значительная часть их не является общими со звездами, участвующими в построении других частотей.

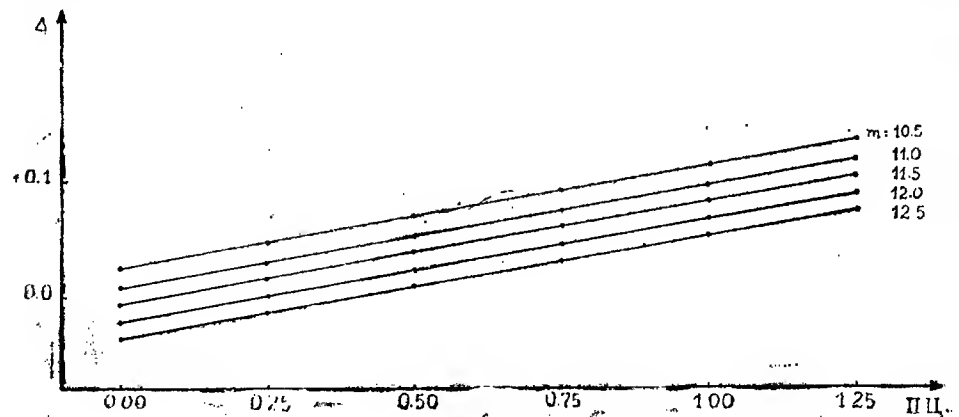


Чертеж 13

Ниже мы приводим сводную таблицу разностей между нашими фотографическими величинами и величинами Гронинген, Моунт Вильсон и Сирса, соответственно (таблица XV).

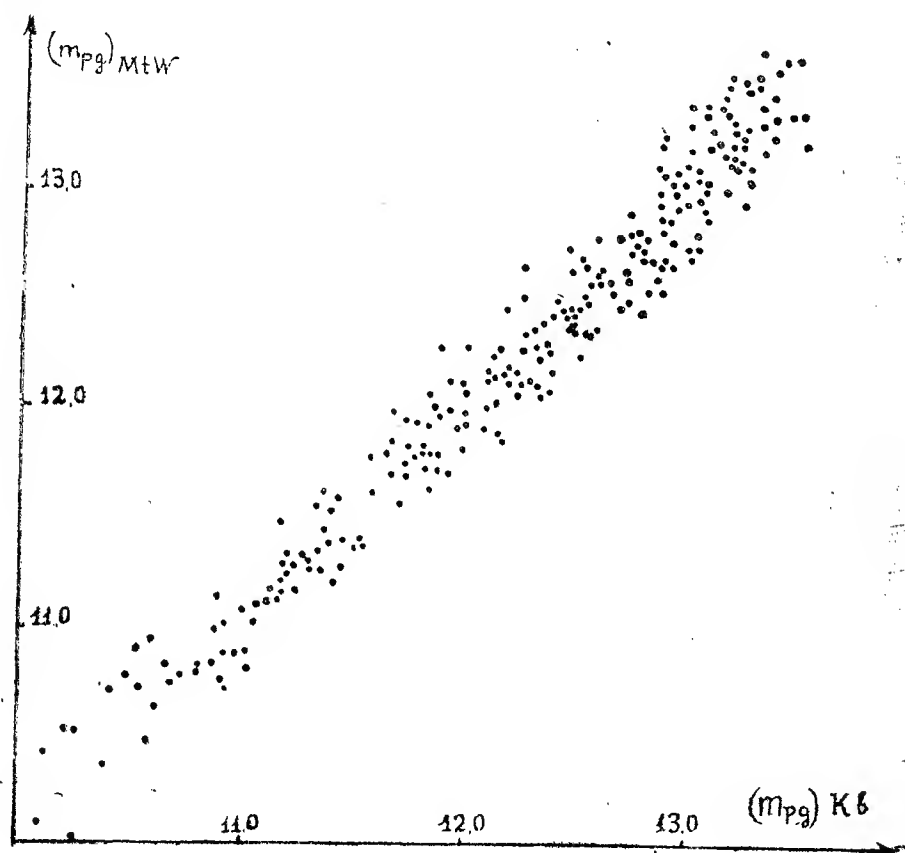
Дискуссия данных этой таблицы не представляется необходимой; последние повторяют выводы, изложенные выше.

В заключение мы хотели бы сделать лишь одно замечание общего характера. Так как уравнение (3) составлено на основе звезд, вошедших:



Чертеж 14

в наши ПК, подвергнутые многократным измерениям, а уравнение (4) — на основе специальных снимков, мы склонны считать, что уравнение (3) представляет наши наблюдения лучше, чем уравнение (4), хотя в общем, между ними нет существенной разницы. Но, когда мы попробовали построить уравнение, аналогичное (4)-му, по тем звездам, которые лежат ближе к кругу склонений $+80^\circ$, где фотографирование происходит в обычных условиях и нет влияния «полярных ошибок», мы получили уравнение, приближающееся к (3). Мы не приводим его здесь, так как оно построено на основе относительно малого числа звезд и имело для нас значение лишь как опыт и контроль рассуждений.



Чертеж 15

Наконец, следует показать согласие наших фотографических величин с величинами, например, Каталога Моунт Вильсон [854]. Во всех сорока трех Площадах Кантейна мы имели почти 250 общих звезд в пределах блеска от 10-ой до 13.5 зв. величины.

13. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

Таблица XV

ПЦ=0.00				ПЦ=+0.50			ПЦ=+1.00		
	Гр	МВ	Сирс	Гр	МВ	Сирс	Гр	МВ	Сирс
m	m								
10.5	+0.030	-0.003	+0.027	+0.072	+0.053	+0.071	+0.115	+0.109	+0.114
11.0	+0.023	-0.019	+0.012	+0.065	+0.037	+0.056	+0.108	+0.093	+0.099
11.5	+0.016	-0.035	-0.003	+0.058	+0.021	+0.041	+0.101	+0.078	+0.084
12.0	+0.009	-0.051	-0.018	+0.051	+0.005	+0.026	+0.094	+0.064	+0.070
12.5	+0.002	-0.067	-0.033	+0.044	-0.011	+0.011	+0.087	+0.045	+0.054
13.0	-0.005	-0.083	-	+0.037	-0.027	-	+0.080	+0.029	-

В случае, когда наши фотографические величины сравниваются с Вильсоновскими без предварительного приведения первых к интернациональной системе, мы имеем значение средней арифметической разности величин в этих двух системах около 0.15 (чертеж 15).

После редукции же наших величин с помощью нашей формулы, это значение уменьшается. При этом среднее алгебраическое разностей $(m_{фг})_{кб} - (m_{фг})_{мв}$ становится равным — 0.02 зв. величины.

Все сказанное в этом параграфе представляется свидетельством надежности наших определений фотографических звездных величин.

§ 12. Фотовизуальные величины звезд. Их связь с интернациональной системой

Фотовизуальные звездные величины выводились также на основании стандартов Северной полярной последовательности. Как видно из чертежа 6, редукционная кривая в данном случае проводится увереннее; рассеяния точек вовсе нет; нет выпадания из кривой точек, относящихся к красным звездам. Наконец, фотовизуальная редукционная кривая круче, чем фотографическая. Это явление находит объяснение в различии между собой вида и характера фотографических и фотовизуальных изображений звезд. В силу хроматических свойств используемых нами объективов, изображения звезд в фотовизуальных лучах получаются не столь резко очерченными, как в фотографических и, можно сказать, несколько сходны с внефокальными изображениями.

Исследование уравнения цвета тем же способом, что был применен для случая фотографических величин, обнаружило весьма малую зависимость от цвета, что находится в согласии со сказанным выше в отношении красных звезд на редукционной кривой чертежа 6.

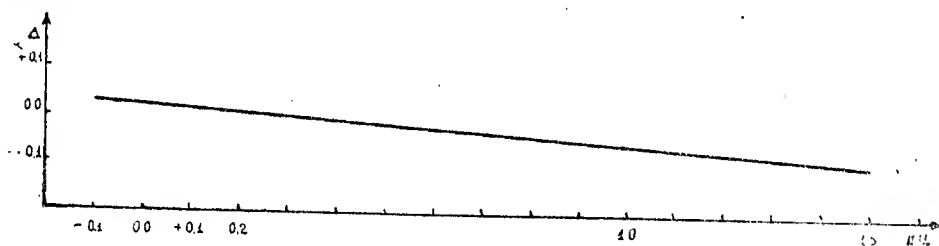
Формула, основанная на измерении более двух десятков звезд на каждом из 12 негативов, использованных для данной цели и выражаю-

ища уравнение цвета для фотовизуальных величин, приняла следующий вид:

$$(m_{фв}) = (m_{фв})_{спл} + 0.01_{\gamma} - 0.07_{\beta} ПЦ \pm 0.012 \pm 0.011 \quad (5)$$

Здесь множитель при показателе цвета в четыре раза меньше соответствующего множителя в уравнении (1). То обстоятельство, что этот коэффициент для фотовизуальных величин в несколько раз меньше коэффициента для случая фотографических величин представляется естественным. Действительно, поскольку на уравнение цвета большое влияние оказывает оптика (объективы) инструментов, различие в них должно больше проявляться для фотографических величин, т. к. разные объективы заметно различаются в способности пропускать фиолетовые и ультрафиолетовые лучи, в то время как видимые лучи пропускаются разными объективами почти в одинаковой степени. В целом, уравнение (5) свидетельствует о близости нашей фотовизуальной системы величин к интернациональной.

На чертеже 16 представлена зависимость разностей величины от показателей цвета, как это следует из уравнения (5).



Чертеж 16

Наличие фотовизуальных величин звезд севернее $\delta = +80^\circ$ в каталоге Сирса [855] дало нам возможность вывести формулу соотношения наших фотовизуальных величин с интернациональными на основе измерений и сравнений большого количества звезд.

Если составить разности фотовизуальных величин $m_{фв)К6} - (m_{фв)инт}$ и рассмотреть их зависимость от блеска звезд и от их цвета в отдельности, получим следующие две таблички:

9. ^m 75	10.25	10.75	11.25	11.50		
+0. ^m 00(50)	+0.02(150)	+0.03(80)	+0.05(40)	+0.05(30)		
A0—A4	A5—A9	F0—F4	F5—F9	G0—G4	G5—G9	K0—
+0. ^m 04	+0.02	+0.03	+0.03	+0.07	—0.02	—0.01
(15)	(30)	(40)	(85)	(110)	(110)	(30)

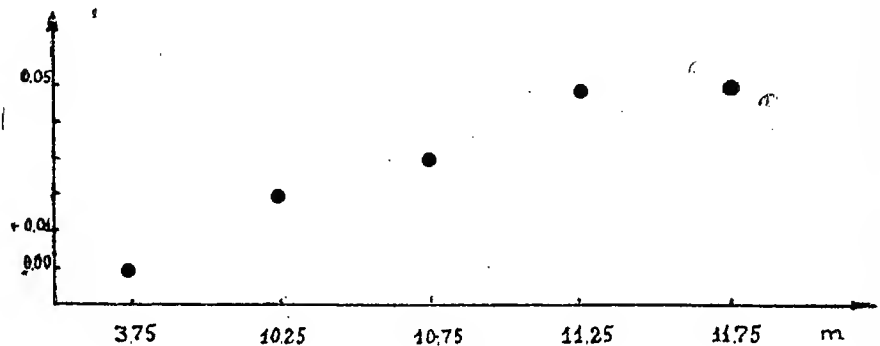
Этим табличкам соответствуют чертежи 17 и 18. Мы видим, что фотовизуальные величины в нашей системе более близки к интернациональной системе, чем фотографические величины. Средние взвешенные значения для разности $(m_{фв})_{КБ} - (m_{фв})_{инт}$ равны $+0.026$ и $+0.024$ зв. величины.

Наряду с составлением средних разностей в отдельности по аргументам блеска и цвета, мы вывели формулу для значений разности в зависимости от блеска и цвета, одновременно, по способу наименьших квадратов. Основой служили несколько сот условных уравнений, построенных по данным измерений до 60 звезд на каждом из 10 негативов, полученных с этой целью.

Соответствующее уравнение приняло следующий вид¹:

$$(m_{фв})_{КБ} - (m_{фв})_{инт} = +0.03_0 + 0.03_1 (m - 10.5) - 0.03_2 C \quad (6)$$

$$\pm .006 \pm .004 \quad \pm .007$$



Чертеж 17

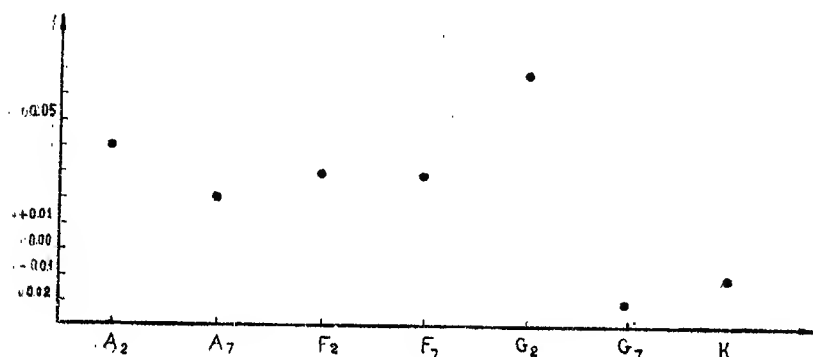
Цветовой коэффициент в этом уравнении мал. В качестве примеров вспомним, что соответствующие коэффициенты имеют следующие значения для 26" объектива Гринвичской обсерватории и разных объективов Потсдамской, Иеркской и Гарвардской, соответственно, [128]: $+0.23$; $+0.10$; -0.07 и $+0.06$. Следовательно, во всех случаях и особенно в первых двух, коэффициенты превосходят значение его для нашей оптики, что говорит в пользу наших определений.

Уравнению (6) соответствует таблица XVI.

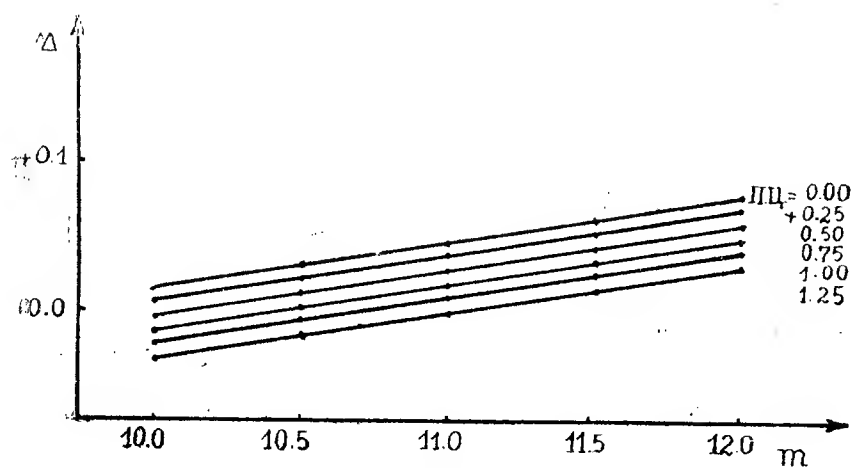
¹ Заслуживает упоминания, что позднее Т. А. Кочлашвили [79] получила редуцированное уравнение, близкое по коэффициентам к нашему, пользуясь теми же наблюдательными телескопом и светофильтрами.

Таблица XVI

Пок. пв. Зв. велич.	0.00	+0.25	+0.50	+0.75	+1.00	+1.25
m	m					
10.0	+0.014	+0.005	-0.005	-0.015	-0.024	-0.034
10.5	+ 030	+ 021	+ 011	+ 001	- 008	- 017
11.0	+ 046	+ 037	+ 027	+ 017	+ 008	- 001
11.5	+ 061	+ 052	+ 042	+ 033	+ 023	+ 015
12.0	+ 076	+ 068	+ 057	+ 049	+ 038	+ 029

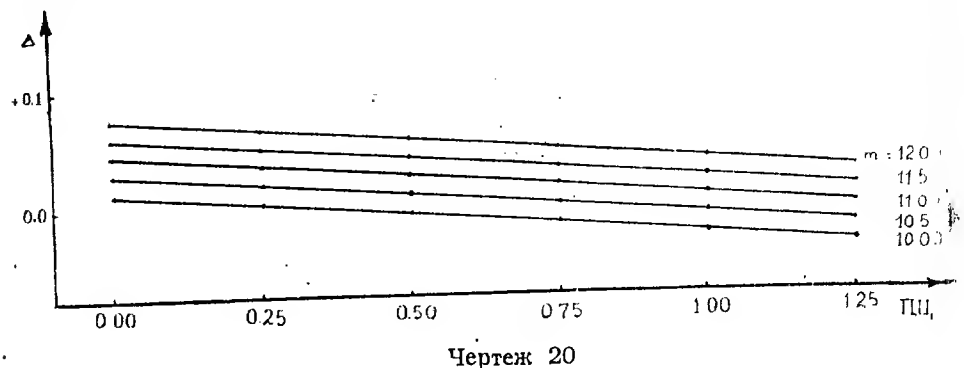


Чертеж 18



Чертеж 19

Данные последней таблицы нагляднее представляются чертежами 19 и 20.



Здесь тоже замечен небольшой систематический ход в разности величин, зависящий от блеска звезд. Но он имеет знак, обратный тому, что был в случае фотографических величин. Стало быть, наши фотовизуальные величины систематически увеличиваются (звезды делаются слабее по блеску) по мере перехода к слабым звездам; хотя это увеличение и не очень значительно. В том смысле, в котором мы могли бы опасаться систематических ошибок в нашей системе величин, т. е. с точки зрения правильной интерпретации увеличения покраснения звезд с уменьшением блеска, обнаруженный ход также является благоприятным.

§ 13. Эффективные длины волн нашей системы

Хотя цветовая система наших определений достаточно исследована нами и соотношения для перехода к интернациональным величинам выведены с достаточной надежностью, тем не менее, отдельное вычисление эффективных длин волн нашей системы необходимо. Это нужно не только для характеристики наших определений, но и для последующих практических расчетов и задач.

Понятно, что эффективная длина волны, обусловленная комбинацией объектива, светофильтра и фотопластинки, как мы это имеем в нашем случае, зависит от оптических свойств объектива, коэффициента пропускания светофильтра и относительного фактора чувствительности фотопластинок. В связи с последним, эффективная длина волны определялась нами для всех сортов фотопластинок, в отдельности. Мы и выше отмечали, что светофильтры играют большую положительную роль, сглаживая различия в цветочувствительных свойствах фотопластинок.

Действительно, вычисления цветовых уравнений для различных сортов пластинок практически почти не дали различий. Но метод определения эффективных длин волн более чувствителен к

различиям в характеристиках цветочувствительности пластинок и потому эти определения также были выполнены для всех использованных сортов пластинок. Впрочем, хотя синий фильтр БГз и характеризуется свободной пропускаемостью в далеком длинноволновом участке спектра ($\lambda > 7500 \text{ \AA}$), но практически полное падение чувствительности даже панхроматических или изопанхроматических пластинок наступает до 7000 \AA как мы это отметили уже в параграфе о фотопластинках. Так что можно было заведомо считать, что различия в $\lambda_{\text{эфф}}$ для разных сортов пластинок не выйдут за пределы ошибок определения. В этом и убедились мы в результате подробных измерений и вычислений.

Естественно, что эффективная длина волны зависит также и от спектральных характеристик источника света или от температуры последнего.

Эффективная длина волны должна зависеть наконец и от фокусировки — для рефрактора — и может быть и от условий проявления, но когда последние меняются в небольших пределах, к чему мы все время стремились, эта зависимость должна быть ничтожной, к тому же она трудно учитываема. Также трудно поддается учету зависимость от блеска звезды, которая тоже должна существовать.

Фотометрическое исследование спектра, полученного при использовании обычно применяемых для нашей работы объективов, светофильтров и фотопластинок, может послужить основой для вычислений эффективных длин волн. Вычисления же последних могут вестись согласно формуле [772]:

$$\lambda_{\text{эфф}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\lambda} \tau_{\lambda} b_{\lambda} d\lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{1}{\lambda} S_{\lambda} \tau_{\lambda} b_{\lambda} d\lambda}$$

Здесь λ_1 и λ_2 ограничивают участок спектра, подлежащий исследованию; S_{λ} представляет собой фактор чувствительности фотопластинки, т. е. отношение интенсивности при данной λ к максимальной интенсивности в данных пределах спектра. Он вычисляется на основе микрофотометрических измерений спектра, τ_{λ} есть коэффициент пропускания светофильтра при данной λ . Его значения получены как средние из данных, заимствованных из каталогов фирмы Шотт и данных измерений М. С. Зельцера (чертеж 3). При этом фирменные значения перечислены на толщину фильтра в 2 миллиметра, как это имеет место в нашем случае. b_{λ} есть спектральная энергетическая яркость черного тела. При этом, имея в виду зависимость b_{λ} от температуры, мы брали ее значения, от-

носящиеся к температуре в 15000 градусов, поскольку источником света в наших экспериментах служили звезды спектрального типа A0 и B. b_λ можно вычислять по известным формулам, либо брать ее значения из имеющихся таблиц, где они табулированы по аргументам длины волны и температуры [772]. Интегралы, в числителе и знаменателе последней формулы, находятся численным способом.

Наблюдательным материалом нам служили спектры, полученные с помощью 16-градусной призмы, установленной перед объективом 20-см камеры. При этом спектры были получены во всех тех комбинациях светофильтров и фотопластинок, которые были применены в нашей работе при накоплении основного наблюдательного материала. Дисперсия спектра равна:

280	Å/мм	около	5600 Å
180	"	"	H β —H γ
130	"	"	H γ
110	"	"	H δ —H ϵ

Спектрографировались звезды типа A0 для того, чтобы легко и уверенно измерять интенсивность во многих точках непрерывного спектра (около 16 точек в фотометрируемой области от 3900 до 4300 Å и 12 от 5000 до 6100 Å в фотографическом и фотовизуальном участках, соответственно). Измерения велись обычно используемым нами методом на том же микрофотометре с соответствующим данному случаю подбором диафрагм.

Для стандартизации фотопластинок мы впечатывали марки трубчатого фотометра на тех же спектральных пластинках. Одновременно, на отрезках с тех же пластинок мы получали и отпечатки ступенчатой щели на щелевом спектрографе и промеряли их на микрофотометре в трех местах спектра, соответствующих исследуемым и промежуточным участкам.

Здесь же отметим, что редукионные кривые, относящиеся к трубчатому фотометру и к ступенчатой щели, имели почти совпадающий наклон и, вообще, каждая из них давала почти совпадающие численные значения $\lambda_{эф}$. Очевидно, известная зависимость фактора контраста от длины волны практически не проявляет себя в столь ограниченных участках спектра, как в нашем случае. Поэтому мы использовали не все снимки ступенчатой щели, опираясь главным образом на измерения марок трубчатого фотометра. Последние мы получали, применяя те же светофильтры. Этим мы уменьшали возможные неточности, которые практически были, очевидно, весьма малы, но принципиально неизбежны в связи с эффектом Пуркинае.

Так как объективная призма у нас приспособляется только к камере № 2, то эффективные длины волн фотографических и фотовизуаль-

ных снимков были определены только для комбинации с объективом № 2, на самом же деле фотовизуальные снимки мы получали с помощью объектива № 1. Отнесение результатов вычисления эффективных длин волн к нашим фотовизуальным определениям надо считать некоторой экстраполяцией, которая допустима, если считать, что объективы №№ 1 и 2 мало отличаются друг от друга по своим общим оптическим и хроматическим характеристикам. Мы считаем, что это последнее обстоятельство действительно имеет место и ошибка в определении эффективной длины волны для фотовизуальных величин, вводимая данным обстоятельством, не должна быть велика и, во всяком случае, не должна достигать пределов общей ошибки определения эффективных длин волн. Использование объективной призмы для получения спектров означает введение некоторой дополнительной оптической среды, что приводит к оптическим условиям, отличным от тех, при которых выполнялась наша основная работа. Однако, мы не могли применить какой-либо другой, но легко доступный и относительно простой и целесообразный экспериментальный способ определения эффективных длин волн. И тут приходится допускать, что влияние на последние со стороны призмы не должно быть значительным.

При определении эффективной длины волны для фотовизуальных лучей мы столкнулись с большими практическими затруднениями, вызванными невозможностью в совершенстве отфокусировать фотовизуальный участок спектра, а также и малой дисперсией в данной области спектра. Фокусировка, оценки яркости, определение длин волн, соответствующих измеренным точкам в этой области спектра, оказались столь трудными, что они потребовали многократного повторения снимков и измерений их, а также и вычислений со всей возможной тщательностью. Благодаря последней мы получили, как нам кажется, надежные определения эффективных длин волн. Упомянутые трудности сказались в том, что средняя ошибка определения эффективной длины волны для фотовизуальных лучей оказалась несколько больше, чем для фотографических.

В нижеследующей таблице дано описание негативного материала, использованного для определения эффективных длин волн.

Обработка данного материала и вычисления дали нам следующее среднее значение эффективной длины волны в среднем для всех фотопластинок, используемых в комбинации с фильтром БГз, т. е. для фотографических лучей:

$$\lambda_{эфф} = 4160 \text{ Å} \pm 40 \text{ Å}.$$

Если рассматривать эффективные длины волн отдельно для каждого сорта пластинок, то окажется, что соответствующие им значения отличаются друг от друга на величину, меньшую, чем ошибка определения средней эффективной длины волны.

Таблица XVII

№ п/п	Дата	№ негативов	Сорт пластинок	Фильм	Объект	Способ стандартизации	Примечание
1	10.IX 1944	1518	Агфа Изохром	BG ₈	«Пегаса;А0	Трубчатый фотометр	Два изображ.
2	"	1519	Агфа Астро	"	"	"	" "
3	"	1520	Агфа ИСС	"	"	"	" "
4	"	1520a	" "	"	"	"	" "
5	12.IX 1944	1521	Агфа Изохром	GG ₁₁	"	"	" "
6	"	1521a	" "	BG ₈	"	Трубч. фот. и ступенчатая шель	Одно "
7	"	1522	Агфа Астро	"	"	Трубч. фот.	Два "
8	"	1522a	" "	"	"	Труб. фот. и ступенчатая шель	Одно "
9	"	1523	Агфа ИСС	"	"	Трубч. фот.	Два "
10	"	1523a	" "	"	"	Трубчатый фотометр и ступенчатая шель	Одно "
11	"	1524	Ильфорд Монарх	"	"	Трубч. фот.	Два "
12	"	1524a	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
13	"	1525	Империал 1200	"	"	Труб. фот.	Два "
14	"	1525a	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
15	"	1526	Астра IX	"	"	Труб. фот.	Два "
16	"	1526a	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
17	"	1526b	Гольден Изо Зенит	"	"	Труб. фот.	Два "
18	"	1526c	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
19	3.V 1945	1686	Агфа Изохром	"	«Сев. Коронны;А0	Труб. фот.	Два "
20	"	1686a	Агфа ИСС	GG ₁₁	"	" "	" "
21	"	1687	Агфа Изохром	BG ₈	"	" "	" "

№№ п/п	Дата	№№ негативов	Сорт пластинок	Фильтр	Объект	Способ стандартизации	Примечание
22	3.V. 1945	1687	Агфа Астро	BG ₃	γСев. Коронь;Ао	Труб. фот.	Два изображ.
23	"	1688	" "	"	αСев. Коронь;Ао	" "	" "
24	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
25	"	1689	Агфа ИСС	"	α "	" "	Одно
26	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
27	"	"	" "	GG ₁₁	α "	" "	" "
28	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
29	"	1691	" "	BG ₃	α "	" "	" "
30	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
31	"	"	" "	GG ₁₁	α "	" "	" "
32	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
33	"	1692	Империл 1200	BG ₃	α "	" "	Два
34	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно
35	"	1693	Ильфорд Монарх	"	α "	" "	Два
36	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно
37	"	1694	Гольден Изо "Зенит	"	α "	" "	" "
38	"	"	" "	"	γ "	" "	Два
39	12.V. 1945	1695	Астра IX	GG ₁₁	α "	" "	" "
40	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно
41	"	1696	Агфа ИСС	"	α "	" "	Два
42	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
43	"	1696a	" "	"	α "	" "	" "
44	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно

Примечание к таблице: Все наблюдения выполнены автором

Методика определения цветовых показателей

203

А именно: для пластинок Агфа Изохром и Импернал 1200 эффективные длины волн следует считать совпадающими (4180Å). К ним приближается и Гольден Изо Зенит (4170 Å). Агфа Астро, так же как и Ильфорд Монарх, показывает несколько меньшую эффективную длину волны (4150Å). Наконец, Агфа ИСС и Астра IX — еще меньше (4140Å). Таким образом, значения эффективных длин волн меняются в зависимости от сорта пластинок в пределах 40Å. Ошибка же определения также равна $\pm 40\text{Å}$. 4160 Å можно принять за общее среднее значение эффективной длины волны, соответствующее всем использованным нами фотографическим пластинкам в комбинации со светофильтром БГз.

Результат этот указывает на то, что применение в нашей работе разных сортов фотопластинок для определения фотографических величин не могло внести заметных погрешностей в цветовую систему. Этим мы обязаны применению светофильтра БГз, который уравнивает эффективные длины волн для всех использованных пластинок. Действительно, если рассмотреть эффективные длины волн для разных фотопластинок, снятых без светофильтра, мы обнаружим несколько более заметные расхождения между ними:

Агфа Изохром без фильтра	$\lambda_{\text{эфф}} = 4225 \text{ Å}$
„ Астро „ „	4255
„ ИСС „ „	4220
Ильфорд Монарх „ „	4205
Импернал 1200 „ „	4195
Астра IX „ „	4220
Гольден Изо Зенит „ „	4205

Фотовизуальные звездные величины определялись нами, в подавляющем большинстве случаев, на пластинках Агфа ИСС и, в некоторых случаях, на Астре IX, но разумеется — всегда в комбинации со светофильтром ГГ₁₁. Эффективные длины волн оказались равными 5630 Å и 5610Å, соответственно. В среднем же можно считать, что для фотовизуальных лучей

$$\lambda_{\text{эфф}} = 5560 \text{ Å} \pm 60 \text{ Å}.$$

Уместно отметить, что значительные перемены в спектральной чувствительности эмульсии для звезд А — G при условии применения светофильтра ГГ₁₁ не дают заметных колебаний показателей цвета (Т. А. Кочлашвили [79]).

Ошибка определения эффективной длины волны в данном случае больше, очевидно, в связи с тем, что плохая видимость спектральных длин и малая дисперсия в фотовизуальной области спектра и связан-

ные с ними трудности понижают точность фотометрических измерений и соответствующих вычислений, как об этом сказано выше.

Из определений эффективных длин волн также следует, что наша система показателей цвета должна быть несколько шире интернациональной, для которой эффективные длины волн равны 4400\AA и 5500\AA . Это соответствует и тем результатам, какие мы имели и из непосредственных сравнений наших величин с интернациональными (см. также формулу перехода от наших показателей цвета к интернациональным — в следующем параграфе).

В формулу, служащую для вычислений эффективной длины волны, входит величина b_λ (спектральная энергетическая яркость черного тела), которая зависит от температуры. Пользуясь снимками спектров звезд спектрального класса A0, мы брали значения b_λ , соответствующие температуре в 15.000 градусов. Понятно, что звезды других спектральных типов, характеризуемые другим энергетическим распределением, дали бы нам несколько отличные значения эффективных длин волн. В этом отношении ранние звезды занимают особое положение в связи с тем, что для них большую роль играют водородные линии и многое зависит от того, входит ли данная водородная линия в область пропускания применяемого светофильтра. Мы не определяли эффективных волн по звездам разных спектральных классов, на опыте убедившись, что различия при переходе к другим классам не превышают $60 - 80\text{\AA}$, т. е. почти удвоенной ошибки нашего определения эффективной длины волны для фотографических величин. Для фотовизуальных лучей эти различия должны быть значительно меньше, т. к. в области, близкой к 5600\AA , колебания b_λ в зависимости от температуры ничтожно малы, вопреки тому, что мы имеем в области, близкой к 4200\AA , где b_λ уменьшается почти в десять раз при изменении температуры от 14.000 градусов (звезда типа A0) до 3.000 градусов (K0).

Впрочем, известны определения эффективных длин волн по звездам классов A0, F0, G0 и K0 [407]. При этом на примере показан заметный ход для синих лучей: от $\lambda_{\text{эфф}} = 4240\text{\AA}$ до $\lambda_{\text{эфф}} = 4370\text{\AA}$, и незначительный — для красных лучей: от $\lambda_{\text{эфф}} = 6330\text{\AA}$ до $\lambda_{\text{эфф}} = 6390\text{\AA}$. К сожалению, К л а з е н, кому принадлежат эти определения, не дает характеристик точности своих определений. Данные Т. А. К о ч л а ш в и л и [79] обнаруживают несравнимо меньший ход для фотовизуального случая.

Но еще интереснее и важнее новые данные С и р с а и Д ж о й н е р [851], определивших эффективные длины волн интернациональной системы для различных температур. Согласно этим авторам, эффективная длина волны системы фотографических величин меняется от 4240\AA до

4560 Å при изменении температуры излучения от 11000 до 3000 градусов. Для фотовизуальной же системы изменения для тех же пределов температуры всего лишь от 5426 Å до 5478 Å.

Таким образом, зависимость эффективной длины волны от температуры в фотографических лучах довольно велика и приходится признать, что пользование только звездами типа А0 недостаточно или, во всяком случае, необходимо внести поправку для того, чтобы выведенную по звездам типа А0 эффективную длину волны принять за среднее значение, относящееся ко всем звездам.

Известно, что фотопластинки обладают свойством «старения», а в связи с этим, они меняют не только общую свою светочувствительность, но и цветочувствительность. Кроме того, и светофильтры могут выцветать, хоть и незначительно. Так как наши наблюдения продолжались в течение семи лет, то принципиально следовало бы произвести определения эффективных длин волн несколько раз: в начале, середине и к концу многолетней работы. Мы же определили их по снимкам двух близких друг к другу периодов (таблица XVII). Это обстоятельство, казалось бы на первый взгляд, можно считать недостатком нашей работы. Но, эффект старения фотопластинок и тем более — эффект выцветания светофильтров малы сами по себе, а в случае дифференциальных определений, подобных нашим, ими, очевидно, можно и вовсе пренебречь. Также можно пренебречь влиянием температуры воздуха, от которой эффективная длина волны принципиально зависит. Этот последний эффект настолько мал, что если его учитывать в астрономической практике, то — лишь в случае прецизионных электроколориметрических наблюдений.

Если принять во внимание все изложенные замечания, то следовало бы считать, что в среднем эффективные длины волн нашей системы и их ошибки должны иметь следующие значения:

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{эфф}} &= 4240 \text{ Å} \pm 70 \text{ Å}, \text{ для } m_{\text{фг}} \\ \text{и } \lambda_{\text{эфф}} &= 5560 \text{ Å} \pm 80 \text{ Å}, \text{ для } m_{\text{фв}}. \end{aligned}$$

§ 14. Показатели цвета звезд. Их связь с интернациональной системой

Как известно уже из изложенного, показатели цвета звезд выводятся нами как разности фотографических и фотовизуальных величин. Если к последним придать все нужные поправки, тогда образуемые разности не нуждаются более в каких-либо редукциях, а представляют собой окончательные значения показателей цвета.

В тех случаях, когда при определении показателей цвета мы исходили из измерений негативов с двумя изображениями, по способу, при котором редукционной кривой служила кривая (ПЦ, ΔЕ), уже не приходилось вычислять отдельно фотографические и фотовизуальные величины. В

таких случаях поправки за расстояние от центра и атмосферную экстинкцию придавались непосредственно предварительным значениям показателей цвета.

Система наших показателей цвета определяется приведенными выше цветовыми уравнениями или теми значениями эффективных длин волн, которые получены нами для наших фотографических и фотовизуальных величин и вычислены для используемых комбинаций объективов, светофильтров и фотопластинок. Эти эффективные длины волн, как мы видим, оказались равными в среднем:

4240Å—для фотографических величин и

5560Å—для фотовизуальных величин.

Упомянутые соотношения и эти последние значения дают нам основание считать нашу систему показателей цвета близкой к интернациональной, но конечно не совпадающей.

Естественно поэтому постараться найти соотношение между нашими и интернациональными значениями показателей цвета путем сопоставления между собой этих значений для большого количества звезд.

С другой стороны, это соотношение можно определить и исходя из уравнений (4) и (6), определяющих связь между фотографическими и фотовизуальными величинами в нашей системе и в интернациональной. Этот путь приводит нас к следующему соотношению между показателями цвета в двух системах:

$$(ПЦ)_{КБ} - (ПЦ)_{Инт} = -0.01_8 - 0.06_1 (m - 10.75) + 0.125 C \quad (7)$$

Рассмотрим это соотношение подробнее, построив на его основании таблицу разностей показателей цвета для ряда значений ПЦ и m (таблица XVIII).

Таблица XVIII

Пок. цв.	-0.10	0.00	+0.25	+0.50	+0.75	+1.00	+1.25	+1.50
Зв. вел.								
10 ^m .50	-0.015	-0.003	+0.028	+0.059	+0.090	+0.121	+0.152	+0.183
10 75	-0.030	-0.018	+0.013	+0.044	+0.075	+0.107	+0.138	+0.168
11 00	-0.045	-0.033	-0.003	+0.029	+0.060	+0.092	+0.123	+0.153
11 25	-0.060	-0.048	-0.018	+0.140	+0.045	+0.077	+0.108	+0.138
11 50	-0.075	-0.063	-0.033	-0.001	+0.030	+0.062	+0.093	+0.123
11 75	-0.090	-0.078	-0.048	-0.017	+0.015	+0.047	+0.078	+0.108
12 00	-0.105	-0.093	-0.063	-0.032	-0.001	+0.032	+0.063	+0.093
12 25	-0.121	-0.108	-0.078	-0.047	-0.016	+0.017	+0.048	+0.078
12 50	-0.136	-0.123	-0.093	-0.062	-0.031	+0.002	+0.033	+0.063
12 75	-0.151	-0.138	-0.108	-0.077	-0.046	-0.013	+0.018	+0.048
13 00	-0.167	-0.154	-0.124	-0.092	-0.061	-0.028	+0.003	+0.033
13 25	-0.182	-0.169	-0.139	-0.108	-0.092	-0.043	-0.012	+0.018

Как легко усмотреть из таблицы, наибольшие значения разности в показателях цвета достигают -0.18 и $+0.18$. При этом первое из них относится к слабым белым звездам, второе — к ярким, красным. Разности не велики для ярких белых и слабых красных звезд.

Ломанной линией в таблице обведены разности, не превышающие 0.05 .

Как показано выше, фотографические величины у нас систематически уменьшаются против интернациональных, по мере перехода к слабым звездам, а фотовизуальные, напротив, — увеличиваются. Следовательно, показатели цвета действительно должны уменьшаться против их соответствующих интернациональных значений при переходе к слабым звездам, как это усматривается и по данным последней таблицы. Но уравнение цвета для фотографических величин довольно большое, что находит выражение в относительно большом значении положительного множителя при цветовом члене в формулах (1) и (4) и потому наши фотографические величины систематически увеличены, т. е. блеск уменьшается для красных звезд. Для случая фотовизуальных величин эффект цвета хоть и заметно меньше, но имеет обратный знак (формулы (5) (6)) и, следовательно, показатели цвета в нашей системе систематически преувеличены против интернациональных значений по мере перехода к звездам позднего спектрального класса. Впрочем, все это следует и из рассмотрения уравнения (7), но мы лишний раз подчеркиваем эти обстоятельства, поскольку они имеют большое значение с точки зрения правильного толкования средних показателей цвета звезд, сгруппированных по величинам и спектральным классам.

Соотношение (7) получено из уравнений (4) и (6), вывод которых основан на измерениях нескольких десятков звезд на 14 негативах околополюсных областей и на сравнении с величинами Си р с а [855]. Позднее, Си р с и Джойнер показали, что в каталоге [855] цвета звезд ярче 9.0 зв. величины (особенно звезд 8.0—8.5 зв. вел.) и более ранних чем G0 требуют поправок, зависящих от величины [850]. Но наши сравнения основаны на измерениях более слабых звезд и потому они не отягощены последними ошибками. С другой стороны, надо помнить, что звезды каталога [855] в общем не слабее 12.0 зв. величины. Наш же каталог имеет предел больший, на одну величину.

Наряду со всем этим, мы выполнили несколько десятков определений показателей цвета близполюсных звезд и непосредственно сравнили полученные показатели цвета с их значениями по Каталогу Си р с а. Результаты вычислений дали нам основание внести в формулу (7) некоторые коррективы, хотя и незначительные. Окончательная формула, которой мы поль-

зовались для полного приведения наших показателей цвета к интернациональной системе, выражается следующим образом:

$$(\text{ПЦ})_{\text{КБ}} - (\text{ПЦ})_{\text{инт}} = -0.02_3 - 0.05_9 (m - 10.75) + 0.13_5 C$$

$$\pm 0.015 \quad \pm 0.012 \quad \pm 0.019 \quad (8)$$

или в приведенном виде, удобном для перевычисления показателей цвета:

$$(\text{ПЦ})_{\text{инт}} = (\text{ПЦ})_{\text{КБ}} - 0.61 + 0.06m - 0.14C \quad (9)$$

Следовательно, для того, чтобы получить значение показателя цвета в интернациональной системе, нам необходимо придать наблюдаемому значению показателя цвета поправки трех родов: 1) за нуль-пункт, 2) зависящую от блеска и 3) зависящую от цвета звезды.

Для того, чтобы вычислить вторую поправку, мы можем использовать фотографические величины БСО. Вычисление же третьей—зависящей от цвета звезды—поправки сложнее. Прежде всего за значение C берется наблюдаемый ПЦ и по нему получается ПЦ в интернациональной системе. Вслед за этим формула вычисляется вторично, но уже во втором приближении — с улучшенным значением C , т. е. со значением, равным полученному при первом вычислении показателю цвета.

Обычно достаточно бывает два приближения, но и это довольно кропотливо при массовых определениях, подобных нашим.

Можно не вычислять поправку, состоящую из второго члена, для каждого индивидуального значения зв. величины, а вычислить суммы первых двух поправок для нескольких отдельных значений блеска, отличающихся друг от друга на 0.25 зв. величины, например, для 10.0, 10.25, 10.50 и т. д. Действительно для случаев например 12.^m 0 и 12.^m 5 суммы этих двух поправок различаются между собой лишь на 3 сотых зв. величины.

Если же отказаться от второго приближения, то можно сразу пользоваться более упрощенной формулой, вытекающей из (9):

$$(\text{ПЦ})_{\text{инт}} = 0.85 (\text{ПЦ})_{\text{КБ}} + 0.06m - 0.61 \quad (10)$$

которую можно написать для нескольких значений m .

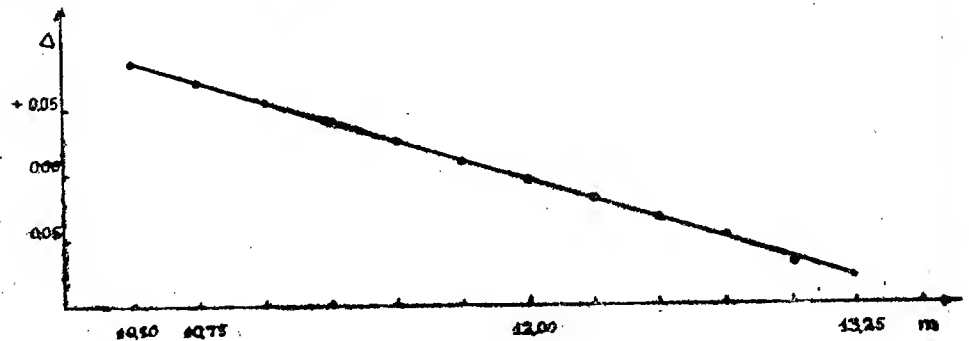
Учитывая, что точность коэффициентов в уравнении (8) довольно высокая, можно заключить, следовательно, что рассеяние в значении коэффициентов невелико и нашу систему показателей цвета характеризует удовлетворительная стабильность.

Мы приводим чертежи 21 и 22, отвечающие формуле (8), но построенные в первом случае как зависимость разности только от блеска звезд (при среднем показателе цвета) и во втором—как зависимость ее от показателя цвета (при среднем блеске).

Средняя разность между показателями цвета в двух системах мала:— 0.005. Но, конечно, осредненное таким образом значение мало интересно и необходимо считаться с ходом этой разности в зависимости как от блеска, так и от цвета звезд.

14. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

Совпадение наших показателей цвета с интернациональными (по формуле (8)) имеет место для звезд 12.0 зв. величины с показателем цвета, равным 0.70. Конечно, можно взять и другие комбинации величин и цветов, при которых показатели цвета в двух данных системах совпадают между собой. Но эта комбинация наиболее характерна, так как она приблизительно отвечает среднему блеску и среднему спектру звезд нашего Каталога.



Чертеж 21

Наконец, мы можем заключить, что разность между показателями цвета звезд A0 и K0 в нашей системе должна быть больше, чем в интернациональной. Действительно по звездам ПК13, ..., 35 (группа ПК высоких галактических широт) $\text{ПЦ} = -0.05$ для звезд типа A0 и $\text{ПЦ} = 1.17$ для звезд типа K0. Следовательно, разность равна 1.22.

Если рассмотреть средние показатели цвета для звезд ПК1, т. е. для близполюсных звезд, мы найдем, что средний показатель цвета звезд типа A0 не совпадает с приведенным значением, относящимся к звездам ПК13, ..., 35, а превосходит его. Это находит объяснение в поглощении около Северного полюса, о чем речь будет идти особо, ниже. Амплитуда же между показателями цвета A0 и K0 превосходит приведенную амплитуду, равную 1.22. Очевидно, это объясняется тем, что звезды около Северного полюса более красны, чем в ПК 13, ..., 35 в связи с пространственным покраснением, а с увеличением цвета возрастает и значение показателя цвета в нашей системе.

Вообще же, разность показателей цвета звезд типа A0 и K0 у нас следует принять равной в среднем 1.25. По Снрс у эта разность равна 1.09 [840] для звезд Северного полярного ряда и 1.07—для звезд сравнения для Эроса [856].

Можно взять последнюю величину 1.07 и привести ее, с помощью формул (1) и (5), к нашей системе. Легко убедиться, что в таком случае получится величина, близкая к той, которая выводится непосредственно из на-

ших значений показателей цвета звезд типа A0 и K0. Этот опыт подтверждает надежность наших формул, выражающих уравнение цвета. Незначительные остаточные расхождения неизбежны при вычислениях подобного рода.

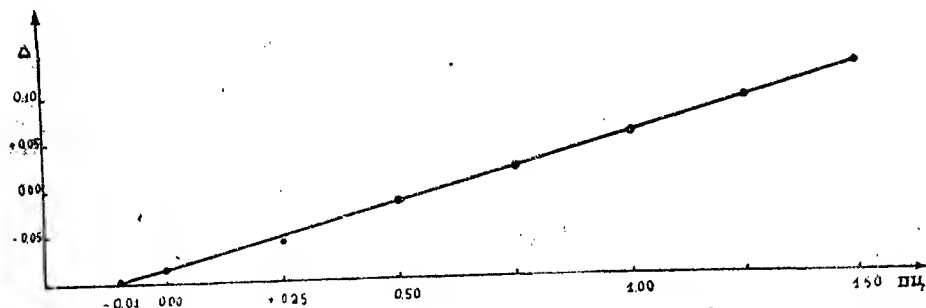


Чертёж 22

Ширину шкалы показателей цвета определяют величиной, которая вычисляется как разность обратных значений эффективных длин волн для фотографических и фотовизуальных лучей. Для интернациональной системы эта величина равна 0.45. В нашем случае, т. е. для эффективных длин волн 4240Å и 5560Å, соответственно, эта величина несколько больше, а именно 0.57.

§ 15. Ошибки наших определений

Точность определения таких характеристик как звездные величины или показатели цвета звезд зависит от многих факторов, которые обременяют определение неизбежными погрешностями. Применение способа сравнения со стандартными звездами Полярной области или любой другой, также не может избавить нас от них.

Необходимо иметь в виду следующие возможные ошибки, сопутствующие нашим определениям.

1. ошибки, зависящие от наблюдательного инструмента,
2. ошибки, связанные с характеристиками фотопластинок и с их фотографической обработкой,
3. ошибки, связанные с условиями наблюдений, т. е., влекомые неправильностями установки телескопа, дефектами гидирования и изменениями фокуса,
4. ошибки, зависящие от атмосферных условий,
5. ошибки измерения (фотометрической обработки).

Первую группу ошибок обуславливают свойства объектива и они в большей степени исключаются коррекциями за расстояние от центра, рассмот-

ренными выше. Однако, особое место занимают в этой группе ошибок эффект блеска и эффект цвета. Последние носят систематический характер. Их влияние мы разобрали выше в связи с выводом формул перехода от наших звездных величин к интернациональным.

Вторая группа ошибок определяется неоднородностями эмульсии и кривизной и неравномерностью толщины пластинки. Эти ошибки почти неустранимы и они целиком войдут в конечные погрешности, хотя вообще, их величины для современных эмульсий и пластинок должны быть совсем не велики. Имея в виду, что каждая данная серия наблюдений выполнялась нами на пластинках, взятых из одной и той же коробки, а часто—даже на вырезанных из одной пластинки, можно надеяться, что эти ошибки ничтожно малы. Действительно, решив убедиться в этом на опыте и сняв и проявив СПП в одних и тех же условиях, но на пластинках, взятых из двух разных коробок, мы констатировали практическое отсутствие различий в характеристических кривых. Подобный опыт мы повторяли несколько раз и каждый раз получали один и тот же результат. Мы не считаем нужным иллюстрировать сказанное цифровыми данными измерений.

Кроме того, что неоднородность эмульсии может носить случайный местный характер, будучи обусловлена неровностями стекла, она может меняться систематически от края пластинки, что может зависеть от подлива эмульсий всего стекла. Разная толщина слоя эмульсии, как известно, обнаруживает разные значения параметров характеристической кривой. Поэтому одна и та же пластинка может иметь разные характеристические кривые на краю и подалеже от края. Чем меньше размер пластинки, тем заметнее могут быть неоднородности. Правда, часто фирмы заливают стекла больших размеров, а затем разрезают их на стандартный формат. Но, мы не знаем о способе изготовления использованных нами пластинок. Мы исследовали несколько пластинок размером 13×18 см, впечатав в них серию марок трубчатого фотометра, расположенных от края и до края. Различия между собой характеристических кривых оказались столь малыми, что для тех условий, при каких выполнялась наша работа, этими различиями можно пренебречь. Надо сказать, что точное определение этого эффекта требует исключительной тщательности опыта, достигаемой в особо подготовленных лабораторных условиях. И все-таки, напрасно пренебрегают этим эффектом астрономы, впечатывая марки трубчатого фотометра обычно на краю пластинок, между тем как фотометрируемая область снимается в центре пластинки.

В случае же наших определений при которых Полярная область и иследуемая Площадь—обе находятся в центре пластинки, этим эффектом действительно можно пренебречь.

Эффект предварительной засветки также входит в эту группу, но в нашем методе фотографирования Полярной области и Площади на разных пластинках, он вообще не существует. А в тех случаях, когда мы прибегали к фотографированию способом двух изображений на одной пластинке, мы исключали его влияние осуществлением парных снимков в обратных последовательностях.

Условия проявления могут таить в себе большие источники ошибок, если режим фотографической обработки не соблюдается со всей строгостью. Последний мы описали выше. Мы стремились к неизменной стандартизации его, насколько она практически воспроизводима. Поэтому можно считать, что случайные ошибки этой категории должны быть у нас очень малы.

Что касается старения фотопластинок, что может вызвать изменения свето- и цветочувствительности, особенно в области сенсibilизации,—мы говорили о нем в § 6. Но здесь добавим, что Т. А. Кочлашвили [79] подробнее исследовала этот вопрос, получив с помощью спектросенситометра спектрограммы как на старых, так и на свежих пластинках «Ильфорд Астра III» и измерив их на денситометре. При этом было обнаружено небольшое падение чувствительности старых пластинок в участке 435—470 мμ и резкое падение для длин волн > 650 мμ. Спектральная чувствительность оказалась неизменной в пределах 500—625 мμ. Конечно, другие сорта фотопластинок могут вести себя по иному. Но, не вызывает сомнения то, что большие изменения в «рабочем участке» спектра не могут иметь места. А если иметь в виду еще и относительный способ всех наших определений, то эффект старения фотопластинок можно считать ничтожным.

Третья группа ошибок заслуживает подробного рассмотрения. Здесь таятся пожалуй основные источники ошибок наших определений, связанные с фотографированием Северного полярного ряда.

Хотя стандарты звезд Северного Полюса и представляют собой вполне точную и полную систему величин, но в некоторых отношениях пользование ими сопряжено с большими неудобствами. Фактически, Площадки ПК и СПП, на сравнении которых между собой основаны определения величин, фотографируются в различных условиях. При фотографировании первой наблюдатель гидирует, и вид изображений звезд на фотографиях зависит от того, насколько искусно он гидирует. При фотографировании же Полярной последовательности часовое движение инструмента предоставлено работе часового механизма и вид изображений зависит от последнего. К тому же в этом случае исключена возможность исправления положения инструмента за счет изменений рефракции. Действие этого последнего явления не контролируется и остается как неизбежный источник ошибок даже при условиях идеальной установки экваториала и идеального часового хода.

Если установка инструмента совершенно точна и ход часового механизма вполне верен, то из-за неудовлетворительного гидирования могут возникать различия в изображениях звезд ПК и СПП. С другой стороны, различия в изображениях могут иметь место и тогда, когда при удовлетворительном гидировании ход часового механизма, во время экспозиции Северного полюса, испытывает нарушения. Наконец, и при отличном часовом ходе инструмента могут иметь место искажения изображений, если инструмент имеет неправильности в установке. Когда часовой механизм работает плохо, то изображения звезд принимают форму дуг, которые тем больше, чем дальше от Полюса находится звезда. Стало быть, возникающие ошибки различны для разных звезд и зависят от склонения звезд. Вместе с тем они пропорциональны продолжительности времени экспозиции. Если установка неправильна, то звездные изображения получаются в виде черточек, длина которых тем больше, чем больше ошибка установки и чем продолжительнее экспозиция.

Всякие же различия в форме и характере изображений звезд Полярной последовательности и Площади чреватые значительными ошибками. Различия в изображениях выражаются в различном распределении света и значит, в случае слабых звезд,—в увеличении или уменьшении количества разложенных зерен эмульсии, а в случае ярких звезд—в изменении размеров изображения. И в том и другом случаях это сказывается на отсчетах микрофотометра.

Надобно представить себе физическую суть явления. Изменения в характере гидирования или ведения часовым механизмом выражаются следующим образом. При плохом гидировании или неправильном ведении часовым механизмом, при экспонировании на Полюс, изображение звезды на пластинке расширяется. Если звезда достаточно ярка, то ее свет также достаточен для того, чтобы почернить те части эмульсии, в которые свет заходит на некоторое время из-за дефектов гидирования. Следовательно, увеличивается изображение и яркие звезды делаются от этого еще ярче. Со слабой звездой происходит несколько иное явление. В этом случае света звезды не оказывается достаточным для почернения эмульсии на увеличившейся от плохого ведения поверхности действия света. Но, тем не менее, отдельные зерна эмульсии чернеют. Зато, в центральной части изображения плотность уменьшается, т. к. действие света в это время отходит от нее и переходит на смежные части. В результате—слабые звезды ярчают не столь резко, как яркие. А особенно слабые могут даже еще терять в блеске, т. е. еще больше ослабевать. Конечно, для каких-то оптимальных или средних значений эффект должен отсутствовать. Эти значения соответствуют средней части характеристической кривой и, чем ближе к этой части располагаются измерения и исследования блеска, тем лучше в смысле минималь-

ных редукций и достигаемой точности результатов. Но, так или иначе, совершенно очевидно, что если СПП и ПК фотографировались в разных условиях часового ведения, то относящиеся к ним характеристические кривые не могут быть тождественны. При растянутых изображениях грация характеристических кривых больше, чем при «собранных».

Не только ошибки установки и часового хода при фотографировании Полюса, но и ошибки гидирования при фотографировании Площади зависят от склонения. Все эти ошибки возрастают с уменьшением склонения. Поэтому эту категорию ошибок мы исследовали отдельно для Площадей, расположенных на кругах $\delta = +75^\circ$, $+60^\circ$ и $+45^\circ$. Однако, систематических различий мы не обнаружили, что и следовало ожидать, т. к. различные Площади фотографировались в разное время самостоятельно и условия гидирования могли быть, вообще, различными. В пределах же одной пластинки, т. е. одной Площади, различие в склонении столь мало, что эффект зависимости вида изображения от склонения, связанный с гидированием, естественно, не может быть ощутим.

Ошибки, описанные здесь, особенно заметны для длиннофокусных инструментов. В нашем случае мы имеем дело с камерами, фокусное расстояние которых равно 1 метру. Но, даже и для последнего влияние данных ошибок может быть заметно. Мы попытались сделать количественную оценку эффекта растяжения изображений звезд Северного полюса, для чего было получено несколько рядов специальных снимков Полюса с хорошими изображениями (при почти идеальном часовом ходе и хорошей установке) и с плохими (при намеренно расстроенном часовом механизме). Мы получали растяжения для $\delta = +88-89$ градусов около 0.1 миллиметра в линейной мере. Но, такие растяжения в нашей практике вообще не встречаются, а если близкие к ним случайно и оказывались, то такие негативы в обработку не брались.

Во всяком случае, приходилось обращать особенное внимание на все перечисленные здесь эффекты и осуществлять мероприятия, которые устраняют или, по крайней мере, значительно сокращают их влияние. В связи с этим, во-первых, время от времени мы проверяли установку инструмента по широте и азимуту. Во-вторых, перед экспозицией Северного полюса ход часового механизма выверялся со всей тщательностью. Наконец, мы старались не очень увеличивать продолжительность экспозиции, ибо чем больше последняя, тем резче выступают данные ошибки. Но в этом отношении мы были связаны, с одной стороны, необходимостью достичь известного предела проникновения и с другой — наличием фотографических пластинок, степень чувствительности которых требовала все-таки довольно продолжительных экспозиций. В связи с известным различием в характере и виде фотографических и фотовизуальных изображений, влияние упомянутых эффектов

на первые более заметно, чем на вторые. С другой стороны, предел проникновения для фотографических величин заметно выше. Поэтому следовало и можно было осуществить для фотографических снимков более короткие экспозиции, чем для фотовизуальных. Оно так и было, как это видно и из таблиц, помещенных в ряде наших статей и содержащих описание негативов. Надо считать, что несмотря на все предосторожности, погрешности, соответствующие редуцированию с помощью Северного полярного ряда, не могут исключаться полностью, поскольку изображения Полярных звезд не могут быть без дефектов и совершенно тождественными с изображениями звезд на снимках Площадей. Но, тот факт, что в уравнениях (3) и (4) знаки при членах, содержащих звездные величины, одинаковы, служит указанием на надежность наших редуций, ибо из него следует, что для звезд Полярной области шкала величин не отличается заметно по широте от шкалы, соответствующей снимкам Площадей.

В тех случаях, когда мы не могли лишиться негативов Северного полюса, на которых изображения звезд были не идеальны, мы использовали их с меньшим весом, заранее исправляя редуционную кривую. Это исправление основывалось на данных предварительно выполненных опытов сравнения характеристических кривых, соответствующих «хорошим» и «плохим» изображениям звезд Полюса. Но вместе с тем, одновременно, мы использовали для построения самостоятельной редуционной кривой те звезды Площади, для которых фотографические величины известны из Каталога Моунт Вильсон [854]. В каждой площади находилось достаточно звезд для того, чтобы можно было построить надежную редуционную кривую. Но, прежде, чем прибегать к этому способу, мы подробно исследовали различия в получаемых величинах по редуционным кривым СПП и Моунт Вильсон. С этой целью были измерены ряды снимков СПП и ПК, где изображения Полярных звезд встречались и в искаженном виде и в нормальном, идентичном с изображениями звезд Площади. Понятно, что в последнем случае величины, получаемые по редуционным кривым Моунт Вильсон должны были очень мало отличаться от величин, получаемых по редуционным кривым СПП, имея в виду, что величины Каталога Моунт Вильсон даны в интернациональной системе.

Была получена серия негативов, из которых 4 относятся к Полярной последовательности, полученной в двух случаях с отличными изображениями и в двух других—с плохими. Остальные четыре негатива относятся к ПК 34. Вместе с этими, специально для данной цели полученными негативами, были использованы также негативы нашего основного материала (№№ 932 и 934, 954 и 956, 822 и 826, 838 и 840, а впоследствии и №№ 1159 и 1161, 1484 и 1486). Все они относятся к фотографическим величинам звезд. Построение характеристических кривых по Полярным звездам и нанесение на

графики звезд каталога Моунт Вильсон показало, что при плохих изображениях Полярных звезд (при плохом ходе часового механизма во время экспозиции на Полюс) величины, определенные по полярным редуционным кривым, систематически меньше тех, которые получались бы по редуционной кривой Моунт Вильсон, т. е. звезды ярче и тем больше, чем ближе они находятся к «яркому» концу характеристической кривой. Такое поведение звезд находит объяснение и в свете физической картины явления, что показано было нами и выше. Растяннутость изображения Полярных звезд означает для ярких звезд увеличение зачерненной площади в эмульсии, что резко понижает отсчет микрофотометра. Для слабых же звезд, в случае которых резко увеличивается количество разложенных зерен эмульсии, эффект уменьшения отсчета микрофотометра хоть и остается, но проявляется не столь резко. Разность между характеристическими кривыми СПП и Моунт Вильсон держится довольно устойчиво, хотя условия образования звездных изображений, конечно, не всегда одинаковы. Мы имеем в виду произвольный—в некотором смысле—ход часового механизма при фотографировании Полюса. В таблице XIX средние разности в величинах табулированы по аргументу звездной величины.

Таблица XIX

m	Δm	m	Δm	m	Δm	m	Δm
9.6	0.38	10.6	0.25	11.6	0.18	12.6	0.08
7	38	7	25	7	16	7	08
8	37	8	24	8	16	8	08
9	35	9	24	9	15	9	09
10.0	34	11.0	23	12.0	14	13.0	10
1	34	1	23	1	13	1	11
2	32	2	22	2	11	2	10
3	31	3	21	3	10	3	11
4	29	4	19	4	09	4	12
5	27	5	19	5	09	5	12

Конечно, на ходе этих разностей скрытно сказывается и то небольшое расхождение редуционных кривых, которое должно быть вызвано различием систем, хотя это последнее невелико.

Но весьма удовлетворительное совпадение между рассматриваемыми кривыми получается, когда изображения Полярных звезд хороши и стало быть не отличаются от изображений звезд на Площади. Мы могли бы иллюстрировать последнее утверждение примерами, которыми в большом количестве располагаем в виде характеристических кривых Полярных звезд с нанесенными на них звездами Каталога Моунт Вильсон.

Таким образом, мы убедились, что описанный способ использования снимков Площадей для вывода звездных величин, даже тогда, когда соответствующие негативы Полярной области имеют дефекты изображения, довольно надежен. Тем не менее, мы прибегали к нему скорее как к параллельным и дополнительным определениям, нежели для совершенно независимого от Полярного ряда вывода величин. Так или иначе, мы имели возможность следить за поведением характеристических кривых, построенных по звездам СПП и по звездам Моунт Вильсон на протяжении анализа всего нашего материала. Понятно, что мы имеем в виду только фотографические величины, для которых составлен Каталог Моунт Вильсон. Но, фотовизуальные изображения менее подвержены искажениям, связанным с неправильностями часового хода и установки, а если последние настолько велики, что и они носили следы этого эффекта, что случалось весьма редко, тогда подобные снимки мы вовсе исключали из обработки.

Фотографирование Полярного ряда в качестве стандарта связано и с другими неудобствами. Так, например, для большинства обсерваторий, и в частности для нашей, Полюс расположен на довольно большом зенитном расстоянии, что естественно оставляет погрешности при редукции за атмосферное ослабление. Понятно, что было бы на много удобнее пользоваться стандартами в других областях неба, которые проходили бы через зенит или около зенита данного места наблюдений. Наконец, использование Северного полюса в качестве стандарта страдает еще одним недостатком, весьма заметным особенно для нашей работы и связанным с тем, что область Северного полюса оказывается подверженной заметному пространственному потемнению (обскурации). Наличие поглощения в области Северного полюса, на поверхности радиусом до 5 градусов вокруг Полюса, не подлежит сомнению. В известных местах этой области поглощение особенно велико. Поэтому, всякие исследования, выполняемые в целях приведения к интернациональной системе и основанные на сравнениях величин и цветов звезд, должны вестись осторожно и во всяком случае необходимо избегать в этих исследованиях звезд, относящихся к подобным местам (напр., $\delta = +87^\circ$; $\alpha = 8 - 16^h$ или особенно $\delta = +87.3^\circ$; $\alpha = 11^h 5^m$). Кстати отметим, что при наших редукциях мы старательно избегали этих участков.

Серия негативов была использована с целью проверки эффекта плохого гидирования. Одна половина их получена при тщательном гидировании, другая—при намеренно искаженном гидировании. При этом растяжение от плохого гидирования достигало $15''$. Это больше, чем верхний предел колебания звезды, встречаемого обычно в астрономической практике. Изменения характеристической кривой, влекомые нарушением гидирования, таковы, что фотографические величины звезд уменьшаются от плохой гидировки (звезды ярчают) в среднем на 0.16 зв. величины (данные измерений око-

до 50 звезд), а фотовизуальные при этих же условиях — лишь на 0.09 зв. величины. При этом расхождения больше для «яркой» части характеристической кривой.

Впоследствии мы сняли еще одну серию пластинок и получили на них трехкратные изображения звезд с отличной, посредственной и плохой гидировкой. При этом вторые из них, т. е. полученные с «посредственной» гидировкой, близки к таким, которые могут встретиться в астрономической практике, вопреки тем, которые имеют растяжение до 15" и, стало-быть, являются нерепрезентативными для практики. Для них мы получили средние ошибки в 2.5 раза меньше вышеприведенных¹. Тем не менее, не приходится подчеркивать, что тщательное гидирование является вообще необходимым условием для получения хорошего фотографического материала и достижения удовлетворительной точности фотометрических определений. С другой стороны, наша аппаратура, скомбинированная из относительно короткофокусных фотографических камер (1 метр) и весьма длиннофокусного гида (в 6.8 метров) представляла благоприятное сочетание для обеспечения хорошего качества гидирования.

Ошибки, вызванные изменениями фокуса, относятся к данной группе ошибок. Изменение фокуса заметно влияет на наклон характеристических кривых, при этом, как обнаружили наши эксперименты, это влияние сказывается на фотографических изображениях и почти вовсе не проявляется для фотовизуальных, если конечно изменения фокуса не слишком велики, а остаются в практически допустимых пределах. Но влиянием фокуса в нашем случае можем пренебречь в связи с тем, что мы фотографировали при неизменном фокусе, пользуясь при этом всегда одной и той же кассетой для данной камеры. Температурные влияния на фокус наших камер оказались практически незаметными. Во всяком случае, между экспозициями СПП и ПК в данную ночь никакие изменения в фокусе не могли иметь места. А если в какую-либо из ночей фотографирование велось при фокусном расстоянии, отличном от обычного, то значит все характеристические кривые, как СПП, так и ПК, имели отличный от обычных, но одинаковый между собой наклон.

Правда, изменения в фокусе могли сказаться на цветовой системе наших определений, т. е. могли изменить эффективные длины волн наших величин, поскольку используемые объективы характеризуются заметной хроматической аберрацией. Поэтому, мы стремились пользоваться неизменным фокусом. В обработанный нами фотографический материал вошло несколько

¹ М. А. Вашакидзе, в Абастуманской обсерватории, выразил формулой ошибку гидировки и показал, что при данной ошибке гидировки ее влияние сказывается больше на ярке звезды, чем на слабые [38]. П. П. Добронравин, также в Абастуманской обсерватории, рассматривал вопрос влияния качества гидировки и фокусировки на характеристические кривые [68]. Его выводы также находятся в согласии с нашими данными.

пар негативов, снятых слегка внефокально, но таких было очень мало и они не могли оказать заметного влияния на вычисления окончательных (средних) значений величин. Тем не менее, мы сочли необходимым проверить этот эффект на основе специальных наблюдений, выводя уравнения цвета, основанные на измерениях серии негативов, снятых слегка внефокально.

Полученные таким образом уравнения цвета приняли для фотографических величин (4 снимка) следующий вид:

$$(m_{fr})_{кб} = (m_{fr})_{спл} - 0.028 + 0.384 ПЦ \pm 0.026 \pm 0.075 \quad (10)$$

и для фотовизуальных величин (3 снимка):

$$(m_{fv})_{кб} = (m_{fv})_{спл} - 0.009 - 0.096 ПЦ \pm 0.019 \pm 0.028 \quad (11)$$

Сравнивая между собой уравнения (1) и (10), (5) и (11), мы видим, что влияние изменения фокуса на коэффициенты в уравнении цвета не выходит за пределы ошибок их определения.

Кроме того, мы получили четыре пары негативов для двух полей в совершенно одинаковых условиях, но при разных фокусах (фокально и резко внефокально), и измерив их и вычислив показатели цвета, сопоставили между собой средние фокальные и внефокальные показатели цвета звезд разных спектральных классов.

Результаты сопоставления представлены нижеследующей табличкой, где даны средние арифметические разности показателей цвета звезд двух рядов — фокального и внефокального.

A0—A5	A6—F0	F1—F6	F7—G1	G2—K0
$\pm 0.08(32)$	0.07(40)	0.09(45)	0.06(54)	0.065(55)

Значения разностей не выходят за пределы ошибок и нет заметного хода в зависимости от цвета, также как мы не могли обнаружить на этом материале хода разностей в зависимости от блеска звезд.

При данном эксперименте разница в фокусных расстояниях была больше верхнего предела того, что может случиться в практике в отношении произвольных изменений фокусного расстояния. Мы можем поэтому считать, что ошибками фокуса, а также и влиянием измерения фокуса на цветовую систему в наших определениях можно пренебречь. Строго говоря, ошибки фокуса, влияющие на цветовую систему, могут таиться и в том известном обстоятельстве, что фокальная поверхность не является плоскостью и на одном снимке мы имеем звезды, снятые, можно считать, на различных фокусных расстояниях, а имея в виду хроматизм объектива, это будет означать, что звезды снимаются не при одной и той же цветовой системе. Но этого вида ошибки по возможности уменьшаются благодаря ограничению измеряемого поля и введению поправок за расстояние.

Легко убедиться, что изменения продолжительности экспозиций могут менять цветное уравнение. Действительно, в зависимости от того, насколько длительна выдержка, проявляет себя на фотопластинке, в большей или меньшей степени, та часть излучения, которая находится вне пределов ахроматичности при данной оптике. С этим обстоятельством необходимо считаться и при выполнении подобных каталожных определений и следует придерживаться постоянной продолжительности экспозиций во всей работе.

Ошибки, зависящие от атмосферных условий, имеют в виду главным образом изменения в условиях прозрачности в течение ночи. Последние трудно поддаются учету, но выше мы отметили, что на нашей обсерватории каждую ясную ночь ведутся электрофотометрические наблюдения с определением прозрачности, использование которых давало нам возможность судить о стабильности прозрачности и в нужных случаях отбрасывать наблюдения или вводить их в вычисления средних данных с соответствующими весами. Впрочем, мы уже ссылались на данные, показывающие, что стабильность прозрачности на горе Канобили, как вообще, так и в пределах одной ночи хороша [120, 119]. Мы ссылались на данные, представляющие результаты опытов, посвященных исследованию этого вопроса. Дополнительно к этому можно было бы сослаться еще на негативы №№ 1356а, 1370а, снятые в 2 разные ночи, проявленные вместе и не обнаружившие почти никаких различий в характеристических кривых.

На точность наших определений влияли, конечно, и изменения качества изображений звезд, т. е. изменения в дифракционной картине звездных изображений. О характере этих изменений и их зависимости от азимута мы сделали несколько замечаний выше. Здесь добавим к сказанному, что эта ошибка трудно поддается контролю. Но, у нас бывала возможность констатировать плохое качество изображений, т. к. в перерывах между фотографированием ПК мы всегда наблюдали дифракционную картину. Даже по гиндировочной звезде можно было судить о качестве изображений и, в зависимости от этого, либо прекращать фотографирование ПК, либо учитывать плохие изображения в последующем, путем введения соответствующего веса при выводе средних значений показателей цвета из многих определений. Повторно заметим, что мы многократно находили подтверждение тому, что было подмечено нами еще в 1931 году [201], в отношении зависимости качества изображений от наступающей непогоды. Резкая порча качества изображений звезд неизменно указывала на то, что в течение 4—8 часов небо должно покрыться облаками¹.

¹ В связи с этим интересно заметить, что В. С. Соколова обнаружила зависимость качества изображений звезд от воздушных масс, что, по Соколовой, делает возможным выявление вторжения воздушных масс в данную местность без обращения к сплюнктическим методам (Вестн. АН Казахской ССР № 1 (58), 79, 1950).

Изменения в яркости фона неба тоже являются фактором, влияющим на точность наших определений. Но этот фактор еще труднее поддается контролю. Но, как мы заметили, эти изменения в течение данной ночи не могут иметь места или, во всяком случае, не могут хоть сколько-нибудь заметно проявлять себя; они носят скорее сезонный характер. Поэтому, при нашем способе относительных определений, влияние это не может сказаться.

К ошибкам, относящимся к атмосферным условиям, принадлежит и ошибка, зависящая от влажности. Эта ошибка существует и она оказывает в ряде случаев заметное влияние, которое проявляется в том, что влажность уменьшает чувствительность фотоэмульсии. На подобные явления обращала внимание фирма Кодак (Kodak Co, „Abridged Scientific Publications“ № 476). В астрономической практике, как нам известно, этот эффект исследовался Кэппи [414]. Он нашел, что под влиянием влажности в условиях астрономических наблюдений чувствительность эмульсии может упасть до 0.1—0.3 зв. величины. Стой описывает случаи, когда в обсерватории Мыса Доброй Надежды под влиянием влажности менялся нуль-пункт для двух последовательных экспозиций [924]. Однако, он заметил, что этот эффект незначителен для фотовизуальных снимков, в случае которых применяется стеклянный фильтр перед фотопластинкой, обеспечивающий последнюю защиту от влажности. Если принять во внимание, что мы пользовались стеклянными светофильтрами перед пластинками как для фотографических, так и для фотовизуальных снимков и, что принимались меры защиты эмульсии от запотения (см. выше) и наконец, если иметь в виду, что в течение одной ночи средняя амплитуда изменения относительной влажности у нас редко превышает 15%¹, то можно считать, что наши определения не могли быть подвержены заметным ошибкам, обусловленным влажностью атмосферы. Следовательно и нуль-пункт наших определений должен быть достаточно стабилен. Это и следует из малого рассеяния значений коэффициентов в уравнениях (4) и (6).

В качестве общего замечания мы должны отметить, что в общем, источники ошибок преимущественным образом находятся не в непостоянстве атмосферы, а в характере строения изображений. На последнее же влияют лишь некоторые из свойств атмосферы (качество изображений, но не прозрачность или влажность, например).

Учет поправок за атмосферное поглощение мы описали в параграфе о выводе звездных величин.

Ошибки пятой группы — ошибки измерения — рассмотрены нами в параграфе о микрофотометрических измерениях негативов.

¹ Мы просмотрели записи наблюдений на нашей метеорологической станции на горе Капобили. Оказалось, что из 123 ночей, когда накаплился наш основной материал, в 28 случаях амплитуда относительной влажности за ночь превышает 15% и из них только в 4-х случаях достигает 30%.

Неучтенным в наших определениях показателей цвета осталось влияние спектральных полос и линий поглощения. Еще в 1934 г. Г. А. Шайн [222] подверг исследованию влияние этого рода на показатели цвета и другие параметры звезд (см. также [1008]) и предложил таблицу соответствующих поправок, построенную по аргументу спектрального класса. Опыт Т. А. Кочлашвили [79] в Абастуманской обсерватории показывает, что пренебрегать данным эффектом можно не во всех случаях. Между тем, в большинстве из известных нам современных определений показателей цвета вопрос об учете влияния полос и линий поглощения обходится молчанием. Впрочем, эффект теряет значение в задаче исследования поглощения методом цветовых показателей.

Рассмотрим, наконец, количественные значения ошибок, присущих нашим определениям. Средняя ошибка одного определения вычислялась нами по формуле:

$$\varepsilon_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum p \eta \eta}{n-1}}$$

где η есть разность между средним из нескольких значений величины одной звезды и данным значением, n — число определений (пластинок) и p — вес отдельного определения. Мы могли избрать другое мерило точности наших определений (напр., вероятную ошибку или др.). Но мы остановились именно на этой формуле, выражающей собственно среднюю квадратическую ошибку. Она вполне характеризует достоинство данного ряда определений, участвующих в выводе среднего (каталожного) значения, в силу того, что эта ошибка весьма чувствительна к влиянию больших по абсолютной величине случайных ошибок и достаточно относительно небольшое число определений (у нас их не более шести для каждой звезды) для того, чтобы вычислить значение ошибки с удовлетворительной точностью.

По этой формуле ошибка вычислялась для нескольких десятков или двух-трех сотен звезд в данной ПК и затем бралось среднее из полученных значений. Вычисленное таким образом среднее и принималось в качестве средней ошибки одного определения — ε_1 . Затем вычислялись значения средних ошибок арифметических средних, т. е. средних ошибок наших каталожных значений:

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\sqrt{\sum p}} \varepsilon_1.$$

При выводе средних арифметических значений из ряда отдельных определений звездных величин или показателей цвета, естественно, нам приходилось иногда отбрасывать значения, слишком уклоняющиеся от средних. Теоретическими рассуждениями показано, что абсолютная величина случайной ошибки обычно не превосходит утроенного значения средней ошибки. Этот вывод теории вероятностей подтверждается и

опытным путем. Таким образом, можно было принять значение $3\epsilon_1$ за предельную погрешность и отбрасывать все отдельные значения, превосходящие ее. Правда, подобная оценка предельной ошибки относится, во-первых, к равноточным измерениям, т. е. к частному виду формулы:

$$\epsilon_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum \eta \eta}{n-1}}$$

и во-вторых, к весьма большому числу их. Мы имели не так много определений и кроме того в большом количестве случаев пользовались весами отдельных определений. Тем не менее, мы зачастую пользовались величиною $2.5 \epsilon_1$ как критерием для отброса отдельных уклонившихся значений. Надо сказать, что такие значения уклонения мы встречали в наших определениях совсем не часто.

Ниже, в таблице XX, мы приводим численные значения ошибок ϵ_1 и ϵ_2 отдельно для фотографических и фотовизуальных величин. При этом они относятся к тем же группам ПК, на которые мы их делили выше. Так, что приведенные ошибки следует рассматривать как средние, относящиеся к ряду ПК.

Таблица XX

Фотографические величины			Фотовизуальные величины		
Группа	ϵ_1	ϵ_2	Группа	ϵ_1	ϵ_2
I	± 0.12	± 0.07	I	± 0.07	± 0.03
II	12	07	II	06	04
III	13	07	III	08	03
IV	13	08	IV	07	04
V	12	07	V	06	04
Среднее	$\pm 0.12_2$	$\pm 0.07_2$	Среднее	$\pm 0.06_8$	$\pm 0.03_6$

Как видно, ошибки меняются очень мало от группы к группе, что указывает на однородность нашего материала в смысле точности определений.

Рассмотрев отдельно зависимость средней ошибки от блеска звезд, мы нашли, что яркие звезды определяются у нас несколько хуже, что иллюстрируется следующей табличкой зависимости ϵ_2 от $m_{\text{ф}}$.

	10 ^m .5	11.5	12.5	13.2	Среднее
Для фото- тогр. ве- лич.	$\pm 0.07_5 (800)$	$0.06_8 (1600)$	$0.06_8 (2000)$	$0.07_0 (1500)$	0.07
Для фото- виз. ве- лич.	$\pm .039 (750)$	$.035 (1500)$	$.03_3 (2000)$	$.03_5 (1500)$	0.03_5

Зависимость ошибки от цвета не усматривается, как это можно проверить по следующей табличке:

	B-A4	A5-F4	F5-G4	G5-K	Среднее
Для фото- гр. велич.	$\pm 0.07_1 (525)$	$0.06_8 (480)$	$0.07_0 (500)$	$0.07_1 (405)$	0.07
Для фото- виз. велич.	$\pm .03_8 (510)$	$.03_7 (490)$	$.03_5 (500)$	$.03_7 (420)$	0.03_5

Если за средние ошибки наших каталожных значений фотографических и фотосвизуальных величин принять $\pm 0.^m07_2$ и $\pm 0.^m03_6$, соответственно, то естественно считать ошибкой показателя цвета следующую величину:

$$\varepsilon_2 (\text{ПЦ}) = \pm \sqrt{(0.072)^2 + (0.036)^2} = \pm 0.08.$$

Таким образом, средняя ошибка наших каталожных значений показателей цвета равна $\pm 0.^m08$.

Однако и в данном случае интересно рассмотреть значения ε_2 для показателей цвета, относящихся к звездам отдельных групп ПК или отдельных ПК, в связи с чем мы и приводим нижеследующую таблицу XXI.

Таблица XXI

ПК	ε_2	ПК	ε_2	ПК	ε_2	ПК	ε_2
8	$\pm 0.^m08$	2	$\pm 0.^m07$	1	$\pm 0.^m07$	13	$\pm 0.^m08$
9	07	3	07	4	07	14	08
19	07	7	08	5	07	15	08
24	08	10	07	6	08	29	08
40	08	17	08	11	09	30	09
		20	07	12	09	31	07
18	08	21	08	16	09	32	08
23	07	22	07	27	10	33	08
25	08	26	08	28	10	34	07
39	08	38	09	36	09	35	08
41	07	42	07	37	09		
		43	07				

Средняя ошибка сохраняется, в общем, одинаковой для всех Площадей¹, хотя для Площадей четвертой группы ее значения несколько больше. Для двух из них ошибка достигает и 0.10 зв. величины.

Средние же значения для пяти отдельных групп получаются следующими (таблица XXII):

Таблица XXII

Группа	ϵ_2	Группа	ϵ_2
I	$\pm 0^m.08$	IV	$\pm 0^m.09$
II	08	V	08
III	08	Среднее	08,

Отклонения от среднего значения ошибки в каждой группе Площадей не превосходят одной сотой величины. Группа IV имеет меньшую точность, хотя и не очень отличную от других групп.

Среднее отклонение от среднего значения ошибки для отдельной Площади равно ± 0.007 зв. величины, т. е. оно мало. Это подтверждает, что весь наш материал достаточно однороден по точности определений.

Средняя точность наших определений показателей цвета — около современных точностей.²

Ошибка, конечно, может варьировать в зависимости от количества фотопластинок, использованных для определения величин. Для того, чтобы выявить эти вариации, мы рассмотрели их и по группам Площадей, составленным по признаку количества фотопластинок. Большинству из Площадей служили для определений 4 и 3 пары негативов, но имеются и такие определения, которые основаны на 5 парах (лишь одна Площадь — на 6 парах). Определения на основе лишь двух пар негативов имеются только для двух Площадей. Оказалось, что для групп, составленных таким образом, ϵ_2 варьирует лишь в пределах $\pm 0.07_4$ и 0.08_2 , при этом наибольшее значение ϵ_2 вовсе не относится к группе Площадей, определения которых основаны на наименьшем количестве негативов, и значения ϵ_2 , вообще, не обнаруживают зависимости от количества определений. Чтобы сделать подобное сравнение более уверенным, лучше сопоставить между собой такие группы, в которых количе-

¹ Приведенные здесь значения ϵ_2 для некоторых из Площадей не соответствуют значениям, опубликованным в наших прежних работах в Бюллетенях Абастуманской Обсерватории. Это связано с последующей ревизией данных, окончательными редуциями и т. п.

² В качестве примера точности современных определений укажем результаты Стоя и Мэнцис [925], которые в ревизии величин южных звезд сравнения для Эроса имеют для $\epsilon_2 \pm 0.065$ и 0.043 для фотографических и фотовизуальных величин, соответственно.

ство Площадей достаточно велико и, вместе с тем, — одинаково. Мы подобрали две такие группы, определения одной из которых основаны на 4 парах негативов (19 Площадей), а другой — на трех (16 Площадей). Для первой из них мы имеем $\varepsilon_2 = \pm 0.08_2$, а для второй — $\pm 0.07_7$. Если даже можно признать эту разницу ощутимой, то значение ошибки вовсе не увеличивается с уменьшением количества использованных негативов. Таким образом, можно констатировать практическое отсутствие вариации средней ошибки в зависимости от количества определений.

В заключение рассмотрим зависимость ошибки от блеска звезды. Эта зависимость представлена следующей табличкой:

m	10.5	11.5	12.5	13.2
ε_2	$\pm 0.08_5$	0.07_6	0.07_6	0.07_8

Легко заметить, что показатели цвета более ярких звезд определяются несколько хуже, что соответствует данным таблички на стр. 224.

Ошибки для звезд различных цветов или спектральных классов представлены в следующей табличке:

Sp	B—A4	A5—F4	F5—G4	G5—K
ε_2	$\pm 0.08_0$	0.07_8	0.07_8	0.08_1

Зависимости от цвета следовало бы ожидать: красные звезды ярче в фотовизуальных лучах, а поскольку ошибка несколько увеличивается с увеличением блеска, то должна увеличиваться ошибка с переходом к красным звездам. Но, с другой стороны, ошибка в фотографических лучах для таких звезд уменьшается. В результате, ошибка показателя цвета остается неизменной и независимой от спектрального класса. Тем более, что в получении данных предыдущей таблички участвуют все звезды, как яркие, так и слабые. Между тем, строго говоря, последние рассуждения были бы более справедливы для случая, когда отдельно рассматриваются звезды различного блеска.

Некоторым критерием точности и надежности наших определений могут служить результаты следующего опыта. Звезды главной последовательности F—G должны иметь малую дисперсию показателей цвета. Мы выбрали несколько Площадей в пределах $+53^\circ$ и $+72^\circ$ по галактической широте и рассмотрели показатели цвета звезд карликов G в них, расположив при этом звезды по одинаковым видимым зв. величинам.

Обнаружилось следующее.

Средний показатель цвета звезд — карликов типа G0 ярче 12-ой зв. величины равен $+0.48$, для звезд же слабее 12-ой зв. величины он принимает значение $+0.53$. При этом среднее значение отклонения показателя цвета отдельной звезды от среднего показателя цвета для всей группы звезд (14 звезд) равно 0.07.

Для 24 звезд главной последовательности типа G2 показатели цвета принимают соответственно следующие значения: $+0.59$, $+0.58$, а среднее значение отклонений 0.07 .

Для 33 звезд типа G3 эти величины равны соответственно: $+0.63$, $+0.64$ и 0.08 . Для 14 звезд класса G4: $+0.69$, $+0.67$ и 0.05 и т. п.

Этот опыт мы рассматриваем как независимый способ проверки точности наших определений. Конечно, подобная проверка не является полной и она ограничена, но в дополнение к изложенному выше относительно ошибок, она, тем не менее, служит некоторой характеристикой точности наших определений.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

КАТАЛОГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА 14000 ЗВЕЗД В
ПЛОЩАДЯХ КАПТЕЙНА №№ 1—43

§ 1. Вводные замечания

Настоящая — третья — глава нашей работы почти целиком состоит из составленного нами Каталога 14000 звезд от 10.3 до 13.3 звездной величины в сорока трех Площадах Каптейна №№ 1—43.

В цитированных выше наших статьях, помещенных в Бюллетенях Абастуманской Обсерватории №№ 6, 7, 8 и 10 [204, 205, 208, 209], мы опубликовали также списки значений показателей цвета звезд нашего Каталога. Но те значения, которые мы называли предварительными, не были окончательно приведены к международной системе.

В настоящей главе мы публикуем значения показателей цвета, приведенные к интернациональной системе. Основой для приведения к последней служила наша формула (9). Но, необходимо иметь в виду и то, что ряд значений показателей цвета по [204, 205, 208 и 209] был уточнен, еще до приведения к интернациональной системе, в результате ревизии, отчасти — повторных измерений и, особенно, — за счет уточнения редукции красных звезд.

Более детальной ревизии подвергся список показателей цвета, опубликованный в работе [204], т. е. список, относящийся к ПК 8, 9, 19, 24, 40 (самый ранний список, после составления которого были введены в работу методические улучшения и уточнения редукций).

За Каталогом следует краткое изложение некоторых из его характеристик, как-то: распределение звезд по блеску и спектральным классам, количество гигантов и карликов, предельные зв. величины и т. д.

§ 2. Каталог показателей цвета 14000 звезд в ПК №№ 1—43

В Каталоге (Таблица XXIII) Площади Каптейна расположены в натуральном порядке их номеров. В первом столбце Каталога даны номера звезд по БСО [832, 833]. Второй столбец содержит значения показателей цвета, выведенные нами и редуцированные к интернациональной системе.

Показатели цвета даны в числах, выраженных в сотых единицах зв. величины. Отрицательные значения показателей цвета набраны черным шрифтом. Вверху каждого ряда сокращенно отмечены порядковые номера звезд.

230

Глава третья

Таблица XXIII

1.	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК1	ПК1	ПК1	ПК1	ПК1	ПК1	ПК1	ПК1	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2	ПК2
1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-322	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-322	1-50	51-100	101-150	151-200
279	49 407	74 466	16 525	139 608	86 668	38 753	80	20	47 319	46 419	219						
289	36 408	56 467	37 526	76 609	46 670	73 754	56	21	56 321	58 420	68						
290	30 410	75 468	68 527	69 612	55 671	95 755	67	23	83 322	154 422	72						
292	70 411	88 469	106 528	60 613	62 673	73 760	24	37	28 324	80 423	58						
296	107 413	68 470	48 529	49 614	20 674	79 761	95	38	59 325	157 426	43						
297	37 414	70 471	74 530	68 616	70 675	151 762	70	40	29 326	118 427	46						
310	42 415	85 472	105 532	81 617	61 677	101 763	67	46	104 327	122 430	38						
318	45 416	81 474	102 533	90 618	71 679	109 765	75	52	44 328	97 431	141						
320	63 419	56 475	68 534	64 622	76 680	71 767	58	56	53 329	60 433	140						
323	44 420	104 476	85 535	92 623	102 681	50 768	15	59	149 330	100 434	41						
327	56 421	102 477	58 537	86 625	111 683	61 769	73	61	86 334	160 435	56						
330	47 422	81 478	99 539	46 626	22 684	70 771	31	74	42 336	74 440	43						
333	87 423	126 479	80 543	60 628	52 688	43 772	110	75	34 338	74 441	70						
334	25 424	134 480	104 545	58 629	3 689	55 776	124	76	62 339	154 442	89						
336	33 425	47 481	55 546	58 632	76 690	106 778	82	81	97 340	93 443	98						
344	24 426	39 482	101 548	91 633	83 695	62 779	125	89	165 342	61 444	112						
348	26 427	52 483	65 549	108 634	123 699	62 783	88	100	66 347	54 445	152						
349	75 428	84 484	118 550	63 635	48 700	114 785	58	101	20 352	50 446	65						
350	48 430	84 485	69 551	72 636	53 701	71 786	33	111	64 364	71 447	62						
352	70 431	129 486	49 552	28 637	77 703	67 788	80	128	25 365	96 448	48						
356	53 432	63 488	59 553	52 638	74 704	108 793	79	130	209 366	99 453	58						
357	32 434	59 489	77 554	59 639	72 706	20 794	120	133	45 368	57 454	123						
364	60 435	27 490	4 555	79 640	34 708	116		137	10 369	64 455	67						
372	72 436	66 491	107 556	51 641	67 709	89		152	17 371	46 461	39						
373	47 437	51 492	158 557	63 642	111 710	35		153	87 372	112 462	93						
374	76 438	61 493	118 558	56 643	25 712	103		156	32 374	46 463	54						
375	57 439	61 494	57 562	82 644	62 713	99		158	89 376	156 464	60						
376	8 441	24 496	62 564	72 645	130 714	15		162	129 379	126 467	47						
377	61 442	64 497	109 565	130 646	43 715	68		168	124 382	76 468	217						
379	59 443	93 498	25 566	40 647	78 716	135		171	138 383	40 472	99						
380	148 444	59 499	85 567	118 648	104 720	66		173	68 384	148 478	84						
381	13 445	45 501	115 571	27 649	79 721	97		179	135 385	85 479	72						
382	102 446	117 502	33 575	87 650	17 722	123		200	125 386	120 480	84						
383	117 447	119 503	18 576	90 651	6 723	102		202	159 387	54 481	40						
384	100 448	144 504	56 577	59 652	81 725	157		206	72 388	56 482	67						
385	39 449	54 505	123 579	23 653	63 726	56		214	14 390	28 483	79						
386	71 450	153 506	49 580	81 654	80 727	34		261	156 391	92 484	34						
387	79 451	130 507	108 583	71 655	74 729	44		264	63 393	61 485	74						
389	22 452	128 508	64 585	68 656	80 730	111		266	56 394	195 486	145						
391	76 453	69 509	68 586	77 657	82 732	105		268	54 395	208 489	160						
392	114 454	46 510	57 591	46 658	74 733	57		272	140 396	101 493	100						
393	86 455	66 511	112 595	112 659	95 734	65		277	46 398	162 495	186						
396	173 456	78 513	65 597	126 660	115 736	71		278	108 399	45 498	147						
398	67 457	72 515	79 599	51 661	68 737	73		282	142 401	88 500	40						
399	114 458	40 519	99 601	58 662	70 742	80		287	124 402	163 504	97						
400	143 459	104 520	61 602	112 663	116 743	57		291	155 403	55 506	126						
401	123 460	128 521	76 603	61 664	43 744	48		310	122 407	36 508	113						
404	27 461	79 522	70 605	102 665	77 745	102		312	139 414	137 509	41						
405	131 462	160 523	109 606	89 666	74 746	64		317	83 416	153 511	89						
406	78 465	153 524	73 607	81 667	70 752	81		318	52 417	135 513	92						

Каталог показателей цвета

231

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК2		ПК2		ПК2		ПК2		ПК2		ПК3		ПК3		ПК3		ПК3	
151-200		201-250		251-300		301-350		351-398		1-50		51-100		101-150		151-200	
514	167 765	83	880	64	995	116	1317	47	29	6	299	100	362	86	443	72	613
515	72 776	130	881	28	1003	49	1320	74	30	20	300	80	364	77	444	64	614
516	206 778	52	883	160	1006	57	1326	32	32	29	301	86	365	105	445	120	615
517	67 780	126	885	300	1007	184	1330	25	35	73	302	71	366	87	446	55	616
521	136 782	149	886	188	1009	22	1332	62	36	99	303	98	367	56	448	117	623
522	78 786	63	887	122	1014	77	1333	37	48	144	305	147	368	60	449	75	624
524	69 787	43	889	60	1016	104	1337	38	57	56	311	101	369	83	450	87	626
527	83 788	56	890	24	1023	71	1339	34	61	41	312	61	371	124	451	125	627
529	121 789	37	893	42	1027	32	1346	19	68	83	313	45	378	63	452	98	628
532	145 790	133	898	73	1039	44	1351	121	70	50	314	60	380	89	454	83	629
534	41 791	68	899	110	1040	20	1355	79	72	79	315	145	383	112	456	79	631
536	102 79	57	904	65	1047	14	1357	144	77	159	316	65	384	138	457	108	632
538	154 794	150	906	67	1049	28	1359	72	90	59	317	54	386	76	458	58	634
544	101 797	137	908	167	1050	45	1360	19	100	64	318	62	387	88	462	92	636
547	90 799	93	910	52	1051	20	1361	79	102	77	319	46	390	101	465	51	637
551	96 802	143	920	92	1055	37	1365	36	104	106	320	69	391	79	468	106	638
563	185 805	52	927	1	1056	92	1366	117	112	84	321	49	392	77	472	92	639
565	98 810	61	928	79	1058	139	1369	14	116	83	322	68	393	72	474	126	640
568	262 811	36	931	52	1059	19	1370	24	122	92	323	93	394	70	475	81	641
581	113 812	116	933	13	1060	76	1371	99	126	62	324	30	395	52	476	91	642
586	79 813	67	935	84	1061	76	1372	48	128	75	325	61	396	82	477	107	643
588	36 814	209	937	170	1089	144	1379	74	133	48	326	204	397	64	480	103	644
592	49 815	57	939	99	1091	110	1388	128	140	42	327	172	398	67	482	104	648
594	37 816	20	941	56	1105	177	1390	35	141	125	328	98	399	80	483	89	649
596	95 818	197	946	61	1119	40	1391	93	146	99	330	38	401	75	485	114	652
608	19 819	135	948	144	1148	168	1392	139	148	93	331	90	402	91	487	63	655
610	112 822	185	950	41	1174	70	1394	25	164	78	332	69	403	106	488	128	656
611	149 824	76	953	74	1185	66	1406	22	166	85	333	63	406	101	489	56	657
615	46 827	119	954	96	1193	121	1407	56	200	35	334	51	407	79	491	47	658
617	129 828	64	955	124	1199	73	1417	182	226	41	335	128	408	90	492	34	659
620	105 829	117	956	33	1202	106	1426	68	273	79	336	77	409	76	494	72	660
627	47 833	193	959	32	1203	139	1435	42	274	83	338	173	410	54	495	42	661
639	104 835	175	962	108	1209	126	1436	72	275	90	339	36	411	54	498	46	662
641	74 836	58	963	64	1213	17	1439	45	276	60	340	104	415	85	499	72	664
680	140 827	130	964	134	1218	67	1450	3	277	89	341	39	416	89	500	88	665
684	64 838	114	965	76	1220	119	1458	40	278	70	343	110	417	79	502	70	666
687	87 840	56	967	59	1221	136	1459	42	279	97	344	26	420	79	515	34	668
693	74 841	69	969	83	1231	65	1461	30	281	87	345	72	421	67	546	33	669
694	60 844	26	97	76	1232	51	1462	2	283	59	347	102	422	126	572	40	670
697	140 846	206	972	11	1233	15	1469	105	284	125	348	53	424	102	594	96	671
698	198 847	49	973	44	1250	11	1471	156	285	73	349	70	425	98	595	90	676
709	59 850	43	974	84	1253	132	1480	33	287	142	350	149	426	169	596	84	679
719	44 856	29	975	52	1254	17	1482	71	289	51	351	73	427	59	601	32	680
721	64 860	107	977	11	1256	77	1488	75	292	108	352	143	428	85	602	104	681
730	114 866	40	980	54	1263	67	1495	24	293	57	353	80	430	156	606	68	682
734	86 871	65	983	87	1271	54	1497	20	294	64	354	58	435	74	608	120	683
735	81 872	43	984	93	1278	143	1498	41	295	85	357	51	436	88	609	127	684
751	51 874	42	987	133	1287	118	1512	17	296	68	358	200	439	108	610	85	687
757	92 877	152	990	74	1293	104		297	112	360		72	441	71	611	69	688
758	157 878	21	991	42	1294	43		298	149	361		74	442	103	612	59	689

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2
ПКЗ		ПКЗ		ПКЗ		ПКЗ		ПК4		ПК4		ПК4		ПК4		ПК4		ПК4	
251-300		301-350		351-400		401-43		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300	
690	77	762	60	938	127	1239	41	6	36	150	183	297	49	371	81	443	45	569	71
691	60	770	60	941	4	1249	5	21	120	152	24	298	71	372	84	444	73	570	66
693	62	772	153	949	29	1261	9	32	120	155	80	299	79	373	48	446	71	572	68
694	124	774	45	950	115			34	188	159	92	301	71	374	134	449	70	574	60
695	66	776	83	951	101			39	48	163	51	303	34	375	15	451	62	579	56
697	83	777	76	955	32			45	86	175	79	305	49	376	54	452	68	580	169
699	123	779	67	956	69			46	46	178	55	306	59	377	64	453	68	581	92
700	84	780	81	957	79			47	69	179	68	307	68	379	56	455	77	582	38
701	82	785	72	960	109			48	51	185	219	309	96	380	112	457	48	583	64
702	74	786	90	972	20			49	67	187	81	310	60	383	58	458	56	586	100
704	97	788	60	977	63			52	84	188	64	311	58	385	75	463	74	587	42
708	45	789	82	980	43			56	57	192	117	312	44	387	65	469	67	588	56
709	72	791	97	981	100			59	91	194	83	313	70	388	18	494	16	591	51
710	85	792	79	989	76			60	75	200	66	314	54	391	74	508	66	595	58
711	88	800	83	993	65			61	61	202	81	316	56	392	64	512	103	596	58
712	47	801	144	1002	46			63	31	206	47	318	85	393	77	513	63	597	122
713	58	804	45	1016	23			64	98	209	107	321	143	395	64	517	112	598	70
714	73	805	55	1017	31			66	95	210	150	322	27	396	78	520	44	600	72
715	106	806	67	1032	142			70	51	214	44	323	101	397	89	522	70	604	18
717	65	807	137	1035	136			76	30	216	70	324	66	398	54	523	129	605	15
718	74	808	131	1037	46			80	67	219	68	325	95	399	51	525	26	606	42
719	84	809	37	1041	77			83	71	227	69	328	97	400	76	526	13	607	104
720	109	812	91	1058	45			85	142	229	38	329	69	406	64	527	55	609	64
722	98	813	67	1069	17			86	12	230	42	331	177	409	66	528	53	610	69
723	131	814	120	1072	88			87	127	260	6	333	58	410	57	530	97	611	91
726	46	815	72	1074	62			88	32	264	29	334	62	411	64	533	36	612	95
727	50	816	58	1076	72			91	75	266	105	338	92	412	69	534	63	613	134
728	104	818	36	1079	77			94	109	267	42	339	123	413	75	535	88	615	67
730	88	819	64	1083	118			96	98	269	64	342	66	414	82	537	83	616	68
731	90	822	80	1084	105			100	85	270	62	344	98	415	58	538	59	617	114
732	73	824	75	1102	91			101	56	271	112	346	54	416	65	539	70	619	48
734	96	825	114	1105	166			106	95	272	84	347	59	418	80	540	98	621	25
735	97	826	87	1109	134			109	39	273	50	348	55	419	65	541	48	622	56
736	113	827	83	1110	72			114	2	274	7	349	68	420	68	542	107	627	133
737	74	828	72	1112	40			115	10	275	70	350	87	423	62	543	77	628	77
738	75	829	44	1118	39			118	77	277	62	352	96	424	106	544	68	630	90
739	85	830	108	1128	51			124	112	278	96	354	80	425	68	545	94	632	73
740	109	831	32	1132	59			125	106	280	112	356	110	426	63	546	49	633	62
741	98	832	79	1133	112			127	129	281	44	357	62	428	73	547	80	634	52
742	52	833	77	1134	134			128	44	282	120	359	56	429	59	548	53	635	25
747	71	836	92	1136	47			129	120	283	102	360	70	430	59	549	57	640	134
748	51	837	96	1141	116			130	67	286	89	361	71	433	60	553	125	641	17
749	76	838	119	1159	60			134	52	287	62	362	80	434	58	554	34	642	64
750	83	841	136	1160	5			137	75	289	16	363	66	435	77	555	59	644	46
751	104	842	100	1163	65			138	108	290	56	364	85	436	64	556	70	645	37
754	81	846	62	1164	61			140	101	291	76	365	84	437	53	559	94	648	125
755	78	909	11	1169	92			144	9	292	65	367	8	439	95	561	64	649	48
756	65	913	30	1172	26			146	34	294	64	368	76	440	83	562	81	650	67
759	166	920	6	1188	24			147	42	295	51	369	86	441	80	563	51	652	69
760	122	937	143	1193	49			149	81	296	97	370	72	442	114	567	44	653	125

Каталог показателей цвета

233

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК4		ПК5		ПК5		ПК5		ПК5		ПК5		ПК6		ПК6		ПК6	
301-346		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-297		1-50		51-100	
654	76	26	64	260	89	347	40	522	73	607	44	711	74	1	52	188	32
655	23	46	57	261	42	348	68	524	108	608	76	712	33	26	95	194	45
656	138	50	109	263	67	349	71	525	69	609	82	713	86	29	14	196	66
657	84	54	62	264	44	350	40	526	84	611	43	714	110	30	5	199	46
659	69	55	47	267	62	353	103	528	59	612	76	717	69	36	47	201	84
660	52	59	43	268	104	354	54	530	124	613	161	722	58	40	92	208	79
661	64	65	46	269	127	355	57	531	44	615	88	726	186	41	91	210	20
662	70	66	45	270	102	356	30	532	81	620	34	732	62	42	24	212	36
664	88	74	77	272	54	357	54	535	101	624	50	734	66	45	136	225	124
665	100	77	65	274	74	359	64	536	100	626	75	735	40	46	40	231	111
666	53	87	32	275	85	361	46	537	89	627	76	737	86	48	76	236	14
667	57	88	100	277	114	362	108	538	99	631	36	738	61	50	84	238	72
668	139	90	99	278	48	363	117	540	57	632	30	739	51	52	146	239	97
670	78	98	51	280	94	364	100	541	50	634	71	740	73	54	79	245	80
676	44	101	76	281	54	368	57	542	88	635	56	741	58	65	74	247	99
677	46	102	68	285	116	374	52	543	88	636	56	743	72	66	58	249	40
683	38	109	85	286	52	382	77	544	12	638	44	747	55	72	39	257	47
685	69	110	82	289	65	383	47	547	102	644	53	749	53	73	98	261	28
686	73	111	59	290	100	384	57	549	75	647	108	750	50	76	39	266	56
688	52	120	56	291	60	385	47	552	81	654	73	754	99	77	42	279	133
689	107	121	53	292	48	387	24	557	70	661	69	771	1	80	92	286	64
692	82	123	67	293	67	388	104	560	19	662	64	794	2	83	39	288	127
694	76	136	99	297	76	389	56	561	49	663	30	835	52	87	34	289	101
696	48	139	99	298	35	392	80	564	91	666	54	840	44	95	49	290	158
697	101	147	14	300	60	393	70	565	93	668	136	844	128	96	42	292	34
699	59	157	67	301	73	395	60	566	53	669	64	845	19	99	125	293	71
700	73	159	57	303	76	396	53	567	74	670	33	849	65	101	104	294	31
706	71	220	12	304	66	398	44	568	27	673	42	871	44	104	110	296	50
713	44	231	52	306	47	399	96	569	87	674	62	879	55	109	58	297	85
714	115	232	62	311	22	400	58	571	62	675	77	889	62	111	48	298	72
715	100	233	108	312	74	402	97	572	51	676	90	897	65	119	99	299	39
716	65	235	34	313	43	403	59	575	29	679	55	900	31	124	55	300	26
717	58	236	7	314	58	404	80	576	54	681	99	910	68	125	71	301	89
718	70	237	70	315	57	405	38	577	52	686	30	911	33	135	59	302	84
720	61	238	57	316	75	406	54	579	85	688	41	920	72	136	43	304	34
723	45	239	54	320	77	407	132	580	170	691	51	927	18	145	54	306	73
724	66	240	100	324	59	408	71	583	51	692	74	937	123	151	56	307	71
725	99	242	68	325	105	412	50	588	81	693	60	965	118	155	83	309	118
731	15	243	129	326	43	414	48	589	104	696	66	977	63	158	52	315	54
736	27	244	46	327	62	416	62	590	67	698	70	982	79	160	105	317	53
739	39	247	102	330	54	417	54	591	94	699	75	984	48	161	143	321	38
747	7	248	66	333	63	418	66	592	51	700	50	988	73	162	74	322	91
792	20	249	12	334	78	419	66	593	122	701	36	993	50	164	94	324	53
831	27	250	44	316	60	421	54	594	71	702	93	997	107	165	87	326	72
856	34	251	102	318	73	422	84	596	65	703	72	999	26	170	68	327	52
872	22	253	76	340	12	426	103	597	100	705	24	1000	89	171	76	328	64
		254	43	341	59	429	110	600	62	707	56	1035	25	173	36	329	84
		255	104	343	121	517	49	602	68	708	42			176	88	331	41
		256	63	344	64	518	80	603	22	709	110			179	42	332	34
		257	13	346	106	519	77	604	93	710	57			186	65	334	73

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК6		ПК6		ПК6		ПК6		ПК7		ПК7		ПК7		ПК7		ПК7	
151-200	201-250	251-300	301-338	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	1-50	51-100
479	36 644	63 777	129	931	44	23	77 197	105 261	86 343	130 466	37 536	110	480	47 645	43 779	125	938
480	47 645	43 779	125	938	35	24	164 198	33 262	88 344	40 467	88 537	41	481	99 650	54 782	102	944
481	99 650	54 782	102	944	101	25	68 199	80 263	59 345	79 469	46 538	86	490	69 052	89 783	85	945
490	69 052	89 783	85	945	12	26	38 201	36 264	81 346	94 470	95 539	99	495	91 655	51 785	87	952
495	91 655	51 785	87	952	6	33	120 202	42 265	108 347	35 471	30 542	100	499	46 657	71 786	77	958
499	46 657	71 786	77	958	59	36	83 203	101 266	42 348	12 472	100 544	90	500	82 658	97 789	94	963
500	82 658	97 789	94	963	28	47	64 204	64 267	65 350	69 474	85 549	129	503	38 662	85 790	60	965
503	38 662	85 790	60	965	84	52	35 205	62 270	114 352	94 475	65 550	65	505	62 664	73 792	103	966
505	62 664	73 792	103	966	43	55	66 207	85 271	108 353	78 476	189 551	76	512	74 665	46 794	59	971
512	74 665	46 794	59	971	101	56	104 208	114 273	57 356	22 478	85 552	104	513	113 667	45 795	80	974
513	113 667	45 795	80	974	85	65	83 212	95 274	108 369	38 480	93 553	77	515	109 673	94 797	66	979
515	109 673	94 797	66	979	61	77	72 213	109 276	139 375	39 481	70 555	79	517	53 677	110 806	53	986
517	53 677	110 806	53	986	101	82	138 214	93 279	103 393	43 484	47 556	88	519	40 679	66 807	89	994
519	40 679	66 807	89	994	110	84	44 215	93 281	4 396	32 485	82 557	95	520	66 680	78 809	62	999
520	66 680	78 809	62	999	92	90	34 216	146 282	53 418	145 487	50 558	94	522	48 691	77 812	74	1002
522	48 691	77 812	74	1002	78	93	41 217	61 283	79 420	79 489	64 560	120	523	80 696	55 813	53	1011
523	80 696	55 813	53	1011	36	97	85 218	147 284	81 421	96 490	106 562	80	524	36 697	77 821	61	1014
524	36 697	77 821	61	1014	70	100	98 219	158 287	84 422	95 491	98 563	87	527	100 700	64 823	42	1026
527	100 700	64 823	42	1026	91	102	28 220	112 290	104 424	112 492	133 564	88	528	131 703	93 824	50	1028
528	131 703	93 824	50	1028	33	118	25 221	64 291	121 425	206 493	112 567	87	530	77 706	54 825	50	1034
530	77 706	54 825	50	1034	65	120	153 222	32 294	80 426	117 494	28 568	76	533	29 710	89 830	64	1039
533	29 710	89 830	64	1039	48	121	72 224	120 296	108 427	103 495	105 571	69	535	43 713	103 831	55	1042
535	43 713	103 831	55	1042	47	124	63 225	60 298	114 428	79 497	88 572	43	536	28 714	74 834	49	1045
536	28 714	74 834	49	1045	58	126	50 226	45 300	117 430	211 498	102 574	42	537	91 715	43 835	54	1047
537	91 715	43 835	54	1047	56	128	80 227	94 301	134 431	82 499	140 575	57	541	44 716	65 836	43	1052
541	44 716	65 836	43	1052	87	130	71 228	63 303	94 433	105 500	86 576	121	545	57 726	67 838	111	1056
545	57 726	67 838	111	1056	63	131	55 229	181 306	84 434	145 501	74 577	140	575	76 727	67 839	39	1058
575	76 727	67 839	39	1058	72	133	60 231	53 310	90 435	92 503	99 578	125	597	61 728	70 844	50	1059
597	61 728	70 844	50	1059	51	135	25 232	98 311	93 436	98 505	87 579	61	598	57 729	38 845	87	1061
598	57 729	38 845	87	1061	71	141	98 233	85 312	88 439	125 506	75 581	129	602	124 730	88 849	91	1063
602	124 730	88 849	91	1063	66	167	64 234	80 314	93 440	68 508	87 583	84	603	67 731	64 850	28	1064
603	67 731	64 850	28	1064	44	168	59 236	61 316	76 441	108 509	83 590	25	605	65 734	66 854	36	1067
605	65 734	66 854	36	1067	52	170	78 237	64 317	71 442	102 510	92 597	49	607	72 737	59 859	61	1070
607	72 737	59 859	61	1070	70	172	65 238	114 318	111 443	43 511	188 603	7	608	117 739	94 864	54	1071
608	117 739	94 864	54	1071	108	175	66 240	114 319	51 444	75 512	76 604	45	614	63 740	56 865	34	1072
614	63 740	56 865	34	1072	31	176	155 242	88 322	92 445	109 513	70 606	31	617	78 742	70 867	32	1077
617	78 742	70 867	32	1077	7	177	86 243	123 324	95 446	84 515	148 617	36	618	58 746	121 868	78	1084
618	58 746	121 868	78	1084	34	178	20 244	108 325	88 449	53 516	94 634	42	619	64 747	93 899	148	179
619	64 747	93 899	148	179	95	246	100 326	83 450	85 520	43 636	84	622	72 753	88 900	64	180	
622	72 753	88 900	64	180	190	248	93 327	106 451	52 521	102 641	74	623	64 756	64 901	58	181	
623	64 756	64 901	58	181	77	249	123 328	180 452	179 523	101 644	151	624	45 758	82 907	70	183	
624	45 758	82 907	70	183	67	251	76 330	37 455	84 524	90 645	84	628	106 759	63 908	45	185	
628	106 759	63 908	45	185	85	252	81 332	61 456	61 526	69 651	95	630	113 760	81 909	48	186	
630	113 760	81 909	48	186	105	253	110 333	99 457	144 528	113 655	106	631	152 764	51 918	92	188	
631	152 764	51 918	92	188	89	254	70 334	81 458	188 529	76 674	130	632	108 766	29 919	42	189	
632	108 766	29 919	42	189	172	255	88 335	32 459	87 530	50 675	138	633	138 767	100 920	63	190	
633	138 767	100 920	63	190	69	257	80 335	81 460	109 531	54 676	39	638	48 768	41 921	43	191	
638	48 768	41 921	43	191	81	258	95 337	40 462	54 533	57 678	143	639	67 771	54 925	49	194	
639	67 771	54 925	49	194	75	259	85 339	111 464	127 534	51 679	31	643	76 773	53 929	60	196	
643	76 773	53 929	60	196	95	260	57 340	94 465	52 535	66 680	29						

Каталог показателей цвета

23 5

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК7		ПК7		ПК8		ПК8		ПК8		ПК8		ПК8		ПК8		ПК9			
301-350		351-372		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-340		1-50	
685	159 800	88	438	29	544	21	641	13	995	84	1059	45	1118	60	1186	46	377	14	
688	76 802	73	441	23	546	79	642	13	996	48	1060	123	1119	65	1187	91	380	75	
690	54 803	21	446	59	547	7	643	48	997	30	1062	86	1120	28	1188	13	385	57	
691	91 807	75	448	20	548	29	646	28	998	88	1063	103	1121	40	1190	36	389	56	
692	52 811	123	450	46	549	50	649	60	999	22	1064	83	1122	57	1192	7	390	78	
693	147 821	54	451	26	551	26	651	83	1000	25	1065	79	1123	69	1193	82	391	95	
695	72 826	37	454	80	553	21	654	31	1001	32	1066	55	1124	29	1194	58	392	57	
698	101 841	76	455	47	555	58	656	89	1002	32	1067	75	1125	5	1196	29	393	2	
699	103 845	84	458	20	556	34	657	48	1004	31	1070	146	1126	50	1197	107	394	67	
701	46 846	76	463	48	557	43	658	57	1005	12	1071	21	1127	34	1198	34	396	59	
708	57 847	43	467	60	559	19	659	44	1006	50	1072	48	1128	15	1199	69	397	154	
709	61 849	75	468	124	562	83	953	97	1009	18	1073	63	1129	135	1200	1	401	134	
710	70 852	83	470	52	565	78	954	68	1010	61	1074	37	1130	49	1201	35	402	69	
712	85 853	138	471	25	566	117	955	55	1011	115	1075	19	1131	132	1202	52	404	8	
715	87 859	79	473	154	570	31	957	184	1012	6	1076	54	1133	77	1204	2	406	73	
716	197 862	108	475	30	572	70	958	48	1013	99	1077	84	1134	4	1205	40	410	45	
717	144 863	89	476	35	577	94	959	42	1014	58	1078	82	1137	81	1206	6	426	63	
719	50 866	28	480	61	578	69	960	53	1015	116	1079	37	1139	55	1208	46	427	75	
720	100 867	61	483	79	580	42	961	52	1017	63	1080	28	1140	17	1209	42	437	54	
721	76 869	124	487	42	582	83	962	31	1018	16	1081	34	1141	65	1210	58	439	56	
722	157 871	67	491	58	586	50	963	64	1019	72	1082	75	1142	33	1211	84	441	74	
723	87 887	46	492	42	587	35	964	71	1021	58	1083	59	1143	27	1212	26	444	73	
728	169		493	26	588	20	965	54	1022	45	1084	72	1144	68	1216	62	448	36	
734	101		496	22	589	161	967	51	1023	85	1085	71	1145	77	1217	54	451	58	
735	111		497	12	591	71	968	46	1024	38	1086	11	1146	63	1218	63	458	48	
745	92		498	20	592	101	969	43	1025	109	1087	77	1148	28	1221	115	461	48	
748	57		499	57	593	65	970	29	1027	91	1088	25	1149	68	1222	54	464	84	
749	95		500	40	595	48	971	18	1028	11	1089	51	1150	52	1223	47	468	23	
750	23		501	21	596	26	972	71	1029	33	1090	42	1152	40	1224	56	469	96	
751	66		502	32	597	70	973	26	1030	270	1091	31	1154	9	1225	68	471	35	
752	68		504	32	600	68	974	76	1032	45	1092	206	1156	63	1226	48	476	94	
756	175		506	38	603	13	975	56	1034	260	1093	49	1158	58	1227	82	483	74	
758	79		507	34	606	116	976	157	1037	112	1094	33	1159	32	1230	64	484	79	
762	80		508	40	607	116	977	158	1038	58	1095	44	1160	88	1231	9	488	53	
763	109		510	30	609	39	978	50	1039	76	1096	34	1161	61	1232	81	499	45	
766	97		512	96	610	100	979	44	1041	61	1097	49	1164	20	1233	112	502	26	
767	117		514	66	612	127	981	32	1042	41	1098	48	1165	67	1234	103	504	83	
768	64		516	38	613	26	982	48	1043	32	1099	26	1166	5	1235	49	505	90	
770	67		517	29	614	136	983	48	1044	35	1100	74	1169	49	1236	31	508	76	
771	22		519	83	618	53	984	40	1045	66	1103	121	1170	87	1237	18	510	69	
774	42		520	35	619	64	985	38	1046	48	1106	78	1171	49		512	39		
783	160		521	20	620	42	986	37	1047	46	1107	122	1172	46		517	168		
784	84		524	53	623	11	987	71	1048	90	1108	54	1173	62		518	83		
785	92		525	63	625	8	988	25	1049	85	1109	68	1174	57		519	96		
788	72		526	42	627	83	989	18	1050	12	1110	52	1175	47		523	85		
790	52		529	34	628	35	990	49	1051	179	1111	50	1176	110		531	95		
791	54		540	48	629	82	991	65	1052	25	1112	57	1177	41		535	24		
792	82		541	62	631	36	992	35	1053	59	1113	85	1181	35		538	104		
793	85		542	69	635	48	993	55	1056	37	1116	57	1182	27		539	49		
794	170		543	47	638	22	994	59	1057	60	1117	33	1183	78		542	65		

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК9.	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК9	ПК10	ПК10	ПК10	ПК10	ПК10	ПК10	ПК10
51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-396	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-396	1-50	51-100	101-150
546	63	963	70	1040	106	1144	75	1232	53	1533	52	1708	61	13	42	99	69
558	161	954	151	1041	165	1146	86	1233	84	1541	32	1709	63	14	53	100	80
565	77	965	104	1042	37	1147	85	1234	95	1542	188	1711	115	15	73	101	67
566	44	967	110	1043	40	1148	36	1235	33	1545	82	1715	140	16	64	102	176
567	123	968	120	1044	52	1149	86	1242	70	1550	9	1716	79	20	57	104	61
568	113	969	123	1046	75	1150	132	1243	109	1555	66	1721	48	23	22	106	72
576	36	970	93	1052	21	1151	71	1244	80	1557	104	1723	164	24	56	108	59
578	96	971	66	1053	148	1153	134	1245	80	1558	74	1727	44	26	41	110	32
580	2	972	39	1059	121	1155	4	1246	48	1560	68	1730	77	28	74	111	46
581	54	973	60	1060	74	1160	36	1247	53	1561	76	1731	34	29	69	126	22
582	97	976	68	1061	60	1162	89	1248	161	1569	52	1732	116	32	66	128	127
588	57	978	71	1070	180	1163	27	1249	66	1572	75	1733	34	33	53	130	65
589	212	981	74	1071	76	1169	13	1250	64	1573	74	1741	89	35	114	131	149
594	131	985	40	1073	70	1172	63	1251	137	1575	73	1746	83	37	70	132	29
609	85	989	78	1074	102	1173	62	1252	80	1577	35	1747	15	38	61	135	176
616	50	990	97	1075	65	1174	31	1253	94	1578	72	1750	37	40	30	140	49
617	02	991	94	1078	118	1175	74	1254	66	1579	99	1751	53	42	81	154	58
618	66	993	101	1079	53	1176	75	1256	82	1583	69	1752	82	43	43	185	92
619	107	995	73	1083	81	1177	73	1257	136	1584	46	1756	83	44	23	188	56
627	138	996	75	1084	69	1180	72	1258	68	1585	53	1763	84	46	50	189	32
633	18	998	93	1085	103	1182	57	1259	87	1586	43	1765	82	47	77	190	29
638	33	999	69	1088	85	1183	89	1260	65	1590	67	1767	70	48	25	194	180
640	165	1000	150	1089	80	1184	102	1261	48	1591	55	1768	32	50	45	195	171
642	103	1001	36	1093	78	1185	59	1262	28	1596	60	1775	74	51	60	196	41
643	55	1002	74	1095	64	1188	58	1263	60	1597	87	1776	53	52	30	198	60
644	64	1003	88	1101	88	1189	138	1264	70	1605	124	1778	115	55	8	199	36
645	38	1004	42	1102	36	1191	45	1265	86	1611	91	1779	66	56	53	202	102
647	155	1005	72	1103	103	1193	77	1266	67	1612	10	1782	64	58	39	203	41
648	131	1006	24	1104	141	1194	58	1267	72	1614	155	1788	29	59	223	207	57
650	58	1012	53	1105	48	1198	82	1268	72	1618	45	1793	72	60	91	208	27
652	54	1013	50	1106	53	1200	35	1269	154	1620	79	1799	75	62	152	209	48
654	56	1014	53	1109	63	1203	51	1271	88	1627	71	1801	48	63	89	210	49
656	53	1015	95	1110	84	1204	88	1273	65	1639	50	1811	146	65	93	212	43
658	34	1016	50	1114	61	1206	42	1274	46	1642	62	1812	162	69	46	213	92
666	24	1018	128	1115	61	1208	89	1275	32	1660	123	1813	24	70	89	215	53
670	79	1019	66	1116	86	1209	89	1277	64	1661	160	1818	67	74	50	219	16
677	56	1020	90	1117	42	1212	91	1278	72	1665	20	1820	60	75	188	220	90
679	172	1021	71	1118	94	1213	66	1280	52	1667	98	1822	64	76	45	221	49
681	82	1022	88	1123	84	1214	28	1283	81	1670	55	1824	79	80	94	223	47
684	70	1024	72	1124	59	1215	52	1284	69	1673	106	1825	84	81	112	224	76
694	7	1025	57	1125	45	1216	25	1285	89	1675	18	1829	22	83	144	225	64
708	12	1026	97	1126	31	1218	30	1288	103	1679	53	1830	50	85	96	227	62
951	52	1030	62	1127	73	1219	61	1289	25	1692	12	1831	75	88	46	228	82
952	88	1032	75	1130	80	1220	111	1290	92	1696	18	1835	90	89	148	230	139
954	68	1034	119	1131	78	1224	53	1291	98	1699	63	1838	52	90	69	231	63
955	23	1035	4	1134	29	1225	148	1293	54	1700	182	1840	35	91	111	232	14
956	88	1036	66	1137	35	1226	69	1294	65	1701	142			93	53	233	196
957	70	1037	74	1138	84	1227	31	1315	17	1703	78			94	73	234	42
958	73	1038	68	1139	69	1228	77	1516	13	1706	47			96	129	236	35
960	74	1039	38	1142	87	1231	39	1531	39	1707	108			97	91	237	78

Каталог показателей цвета

237

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК10	ПК10	ПК10	ПК10	ПК10	ПК10	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11	ПК11
151-200	201-250	251-300	301-350	351-373	1-50	51-100	101-150	151-200	201-245								
318	121 478	53 589	85 693	153 971	117 310	131 477	29 615	81 835	97 981	89							
320	118 480	33 590	30 699	53 975	142 311	50 478	50 616	52 839	58 984	50							
321	19 482	42 591	32 701	11 980	13 312	35 479	58 617	107 840	99 988	76							
323	52 489	55 592	31 702	127 982	47 333	67 483	62 619	79 846	69 1029	128							
325	46 494	61 595	83 703	160 993	35 334	72 486	146 621	66 848	37 1037	58							
327	70 499	73 597	24 707	38 996	62 351	52 490	38 625	56 849	56 1040	74							
328	87 501	41 599	57 708	74 1000	14 353	52 494	55 626	32 852	95 1041	129							
330	174 502	86 600	58 709	48 1003	15 358	83 495	89 629	68 856	47 1045	76							
331	79 503	40 601	57 714	122 1013	15 366	40 497	65 631	54 859	58 1051	26							
332	49 505	12 602	79 715	110 1015	19 369	115 499	113 633	65 861	75 1059	75							
333	89 507	75 603	75 717	142 1018	38 373	102 501	50 641	66 863	39 1072	27							
334	71 510	160 607	123 719	67 1019	68 379	91 502	90 643	43 864	52 1089	132							
336	37 511	144 612	29 720	71 1028	38 387	60 503	62 644	59 867	41 1090	105							
337	3 512	63 613	50 740	30 1031	46 389	75 506	54 646	58 868	148 1093	17							
338	55 513	54 616	77 745	27 1034	102 391	98 507	18 647	92 870	55 1102	100							
339	72 515	57 619	127 756	31 1039	61 392	88 508	92 649	38 876	65 1111	6							
340	59 518	35 622	52 794	26 1040	93 396	38 511	87 650	97 878	111 1125	43							
341	55 519	27 624	65 798	87 1046	32 405	48 512	89 651	89 881	68 1128	114							
342	147 523	81 625	142 806	25 1051	141 406	43 513	106 652	90 882	39 1132	0							
343	29 524	171 627	37 815	54 1065	87 414	42 514	65 653	62 886	7 1134	63							
348	21 525	131 629	106 824	32 1077	74 416	116 515	53 655	61 887	22 1137	67							
349	114 529	84 630	3 832	65 1094	29 418	32 517	73 656	38 888	57 1142	66							
351	151 530	46 632	16 843	4 1099	14 420	110 518	83 657	84 889	57 1143	71							
358	74 533	17 633	23 844	87	421	67 520	120 659	110 893	122 1146	130							
359	19 535	29 634	38 846	19	423	108 521	142 668	68 807	68 1150	89							
360	53 536	72 636	35 853	53	424	79 522	82 674	93 898	66 1153	100							
361	96 537	106 639	51 854	52	425	172 523	158 676	74 902	75 1154	73							
362	75 538	47 640	73 855	32	426	150 526	63 678	104 904	55 1155	4							
368	29 545	31 644	38 858	1	427	75 533	130 679	97 905	79 1159	138							
371	191 546	85 645	57 859	14	428	88 536	204 682	102 906	102 1160	24							
374	130 547	34 648	60 862	5	434	60 541	62 685	60 909	63 1163	61							
379	95 550	69 651	5 863	135	437	143 542	102 688	42 910	78 1170	50							
381	92 552	43 652	45 881	5	438	125 544	88 689	146 911	62 1172	21							
384	82 554	129 653	50 899	7	439	117 547	135 704	66 918	143 1173	129							
385	22 555	48 654	89 904	24	441	91 548	66 792	107 920	53 1175	120							
389	126 556	190 660	19 905	16	446	116 550	31 793	65 921	71 1181	12							
393	47 558	80 662	21 906	48	447	148 553	124 795	8 922	113 1189	13							
395	22 559	75 663	136 923	108	450	72 555	58 799	25 923	77 1192	16							
398	29 560	68 664	78 924	182	451	90 558	53 801	62 926	47 1193	28							
399	22 561	135 665	146 931	47	452	120 569	43 802	41 930	105 1194	57							
401	40 562	48 667	65 940	142	454	130 573	98 809	70 931	29 1204	83							
413	24 564	23 670	41 941	123	459	120 582	43 810	84 932	59 1223	51							
414	55 570	4 672	91 944	15	460	31 583	27 811	70 933	69 1229	66							
416	28 573	68 674	83 945	13	461	60 592	32 812	121 938	70 1234	49							
420	9 575	61 675	101 948	16	463	94 596	30 813	52 942	130 1256	119							
466	57 577	65 677	168 957	13	461	157 600	75 815	86 948	47								
471	40 581	226 680	149 959	60	467	100 602	85 818	67 953	104								
472	79 583	86 684	5 961	79	469	102 603	27 822	10 960	28								
474	93 585	11 685	104 967	104	470	12 605	112 823	59 962	143								
477	169 586	64 690	155 969	14	475	47 611	105 831	58 980	163								

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК12	ПК12	ПК12	ПК12	ПК12	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13	ПК13
1-50	51-100	101-150	151-200	201-221	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	1-50	51-100	101-150
39	62 208	67 398	86 611	50 754	68	26	59 102	54 237	64 377	49 476	112						
41	35 219	70 399	48 613	42 777	33	28	84 103	138 238	67 378	39 478	64						
45	33 220	50 403	38 618	71 785	32	29	71 104	64 239	63 379	53 482	89						
46	20 222	57 405	57 619	84 804	12	30	95 107	109 241	73 380	102 483	87						
47	47 227	23 407	20 620	37 837	59	32	61 108	96 242	47 382	67 484	115						
48	41 228	76 408	63 627	55 842	53	34	3 114	71 245	73 383	60 485	99						
50	48 230	18 410	49 629	93 848	19	35	65 117	70 246	70 388	40 488	72						
56	77 234	46 414	57 631	70 869	58	36	74 118	61 248	74 389	61 489	120						
59	48 236	50 416	54 632	66 871	42	37	82 120	35 249	83 390	70 491	82						
60	19 303	66 417	52 633	86 889	62	38	72 121	68 250	96 392	104 493	106						
62	34 307	12 419	79 634	150 891	45	39	61 124	75 265	60 393	61 494	72						
63	8 308	38 420	78 635	103 894	46	40	52 125	77 267	125 394	54 496	114						
65	145 311	62 421	48 638	44 895	103	43	83 128	117 268	62 395	74 500	12						
67	94 312	81 422	73 639	57 899	44	45	60 130	61 269	66 396	49 503	59						
68	52 315	55 429	57 640	57 905	8	47	56 131	118 271	89 400	72 505	66						
71	67 317	82 431	62 655	82 906	70	49	98 134	123 273	73 401	104 507	86						
72	49 318	20 432	60 657	91 913	57	50	59 138	45 274	46 403	66 511	32						
73	60 320	32 433	51 661	50 915	65	51	74 141	57 276	59 404	112 514	124						
77	54 321	62 434	58 662	61 922	5	53	74 143	119 278	78 407	75 520	58						
78	46 325	50 436	78 664	82 932	45	56	58 144	64 279	87 408	77 521	91						
81	103 326	23 445	55 666	1 945	2	57	36 145	65 283	103 409	55 522	41						
82	32 327	57 450	56 676	78		58	101 156	75 285	90 412	67 525	71						
85	98 328	18 451	55 677	60		59	122 186	27 288	66 413	52 526	73						
99	82 331	37 454	101 682	105		60	52 188	47 289	69 415	75 530	68						
105	81 332	38 455	60 683	54		61	143 190	60 290	101 418	110 531	72						
106	76 333	67 458	53 684	59		62	113 191	59 291	72 419	85 532	53						
107	14 334	45 462	75 685	59		63	138 192	63 292	88 421	72 533	135						
108	58 336	49 470	56 688	33		66	97 193	56 295	58 422	49 535	35						
118	49 339	52 476	61 690	94		68	87 194	66 298	54 423	51 536	93						
119	67 341	27 477	54 692	58		69	33 195	110 300	116 425	43 537	112						
120	54 342	62 478	66 698	97		70	68 196	63 301	133 429	65 539	62						
123	48 343	66 480	40 699	42		72	110 199	67 302	73 430	62 540	112						
129	66 351	49 483	72 701	108		73	152 200	51 303	81 431	61 541	40						
131	23 353	71 488	67 706	507		75	101 202	74 304	49 432	111 543	83						
132	36 354	41 517	40 709	130		80	70 203	55 305	60 434	57 545	84						
136	88 359	55 570	1 712	83		81	72 204	114 308	67 436	67 548	75						
141	64 362	36 572	12 719	54		82	23 206	63 309	30 440	56 550	69						
148	72 363	32 575	60 720	59		83	74 207	98 317	56 441	77 591	67						
153	90 364	67 577	26 721	63		84	77 208	107 323	79 443	110 608	45						
154	58 370	88 579	72 727	67		85	56 209	65 324	67 445	61 609	16						
156	77 374	33 580	67 730	51		86	54 212	61 325	69 447	108 611	64						
160	57 375	70 581	67 732	18		87	65 218	101 326	114 449	84 613	65						
174	58 380	43 593	59 735	69		89	76 220	66 327	58 452	107 615	39						
177	87 381	71 594	52 736	48		90	57 227	128 332	64 454	45 630	107						
179	55 382	50 596	98 741	80		92	68 230	104 355	9 459	65 632	68						
187	44 384	64 598	100 743	61		93	71 231	90 368	59 461	32 634	78						
189	88 387	76 601	43 746	44		94	67 232	46 369	94 463	81 637	3						
195	58 390	52 606	198 751	76		96	64 233	65 372	63 467	71 640	77						
196	57 391	5 607	86 752	71		97	64 234	53 373	40 472	107 643	85						
201	70 396	123 610	55 753	37		99	67 235	56 374	48 473	32 644	96						

Каталог показателей цвета

239

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК13		ПК14		ПК14		ПК14		ПК14		ПК15		ПК15		ПК15		ПК15	
251-263		1-50		51-100		101-150		151-200		201-208		1-50		51-100		101-150	
646	71	18	91	145	136	223	72	344	59	570	76	54	10	290	62	408	72
653	32	21	106	146	57	224	53	345	58	571	108	68	77	293	141	409	64
657	14	22	52	148	90	227	72	347	58	574	31	74	70	297	79	417	85
660	19	28	47	149	37	230	90	350	47	575	85	78	73	299	56	419	53
661	61	29	71	150	100	276	67	352	60	586	67	102	77	301	69	421	4
662	95	32	88	151	47	279	19	353	80	589	59	114	118	302	103	422	67
663	47	35	63	152	102	280	56	354	111	591	50	121	36	303	65	429	58
664	55	37	49	154	46	281	83	357	63	592	77	124	47	304	59	431	67
665	81	38	44	155	60	282	75	358	68		141		54	307	73	432	84
669	95	39	60	156	56	285	58	359	61		154		52	308	40	435	11
672	95	41	59	158	47	286	82	360	62		175		87	310	64	443	36
677	80	42	15	160	57	288	84	362	64		159		111	312	47	462	64
679	122	44	56	161	54	289	85	364	77		184		56	313	69	470	46
		47	69	162	52	290	52	368	47		188		91	315	69	486	105
		48	91	164	59	291	69	371	60		204		69	316	81	492	49
		50	67	165	52	292	71	372	84		224		49	317	65	494	69
		53	95	166	52	293	64	375	84		225		49	319	60	498	57
		70	22	167	116	294	93	376	54		226		77	320	116	511	67
		88	75	168	56	295	62	377	73		228		65	323	38	513	54
		91	66	169	69	297	64	378	55		235		64	324	71	514	86
		95	108	171	43	299	43	380	75		237		56	326	45	520	66
		97	122	174	54	301	47	382	60		238		64	329	70	521	90
		98	62	177	94	302	63	383	1		239		118	334	40	524	84
		99	63	180	98	304	58	389	91		240		50	341	41	525	105
		102	23	182	54	305	68	391	47		242		59	344	68	526	55
		103	85	183	57	307	51	392	78		243		41	345	69	530	15
		104	75	184	61	309	84	393	88		244		91	347	97	536	75
		105	53	186	61	310	75	394	74		245		39	348	67	545	40
		109	48	188	66	311	100	396	86		246		64	349	50	547	107
		110	52	189	58	312	59	401	96		247		64	350	59	548	44
		113	59	191	58	313	68	402	101		250		66	351	140	550	59
		114	112	194	42	314	72	404	106		252		35	352	84	551	80
		115	60	196	57	315	85	406	80		254		72	353	58	553	40
		119	59	198	49	316	52	409	135		256		30	354	85	556	114
		120	47	201	71	320	68	410	63		257		99	357	105	559	156
		122	64	202	54	321	102	415	75		259		70	358	35	564	135
		125	38	203	68	322	63	416	58		261		48	359	100	565	67
		126	95	204	75	324	102	422	100		262		58	360	63	569	53
		127	113	205	70	325	50	457	70		264		142	361	39	570	37
		128	122	206	65	328	81	458	53		270		70	367	37	571	69
		130	62	208	66	329	96	463	54		272		21	371	117	572	58
		131	99	209	118	330	63	493	32		274		85	375	66	573	37
		132	37	211	87	331	94	503	49		277		30	377	112	574	84
		134	76	212	75	333	69	504	52		278		64	378	65	576	60
		135	34	213	64	335	55	507	65		279		39	384	54	579	81
		136	120	214	81	336	102	510	67		280		94	392	62	584	61
		138	52	217	63	337	71	511	14		282		62	393	117	589	118
		139	38	218	21	340	54	534	66		284		3	397	59	591	141
		142	63	219	62	341	89	544	105		285		69	398	79	599	62
		144	68	221	69	343	53	569	68		288		92	407	18	601	120

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК16	ПК16	ПК16	ПК16	ПК16	ПК16	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17	ПК17
1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-299	1-50	51-100	101-150	151-200	1-50	51-100	101-150	151-200	1-50	51-100	101-150	151-200
3	40	300	66	368	58	447	43	608	75	687	83	19	81	350	96	446	114
8	5	301	26	369	110	449	32	609	108	688	85	22	26	351	55	447	180
45	38	302	76	370	37	450	63	610	48	692	62	31	59	352	2	448	61
59	70	304	59	371	32	453	54	611	35	695	68	38	34	354	88	449	66
66	63	305	135	372	106	454	54	613	139	696	100	39	43	355	132	452	49
76	104	306	101	373	97	455	72	614	65	697	37	45	50	356	70	453	54
82	64	308	89	374	78	456	66	615	100	699	6	48	13	359	80	456	80
88	108	309	52	376	84	457	85	616	20	701	55	50	60	360	64	457	104
108	48	310	87	379	39	458	63	617	77	702	90	55	16	361	116	458	61
110	77	311	101	381	91	459	86	618	91	704	89	56	106	362	70	460	81
116	55	312	52	382	58	460	55	620	81	705	54	62	53	363	7	461	73
117	11	313	67	384	83	461	156	621	46	706	52	75	52	366	92	463	53
123	88	314	36	385	72	462	62	622	78	708	57	77	164	367	15	464	60
128	92	315	79	390	123	464	66	625	134	710	114	78	75	369	102	465	72
132	142	316	58	391	100	465	28	626	74	712	45	83	59	370	86	468	72
146	37	317	27	392	168	559	116	632	62	715	64	89	40	371	125	467	59
150	116	318	52	393	55	561	57	634	175	717	17	92	12	374	120	468	44
154	33	319	49	394	56	563	62	635	123	718	112	96	106	375	29	469	45
156	59	321	81	395	176	565	115	636	56	721	65	99	19	378	54	470	47
158	86	323	74	396	63	566	114	637	66	722	71	102	52	379	67	474	139
163	38	324	49	397	156	567	134	641	52	723	56	107	127	383	122	475	135
166	56	325	116	399	144	568	70	642	57	805	124	118	56	386	6	476	78
171	61	326	128	400	73	570	95	643	116	806	41	120	55	388	133	477	95
172	116	327	102	401	131	571	61	645	100	808	60	124	113	390	87	478	74
180	26	328	123	402	132	572	66	646	60	815	40	125	62	391	10	484	79
187	41	329	73	403	58	573	108	647	66	819	110	127	89	392	102	487	62
188	95	331	132	404	78	574	89	648	169	821	77	1	37	397	145	488	85
197	9	332	23	405	59	575	114	649	40	825	64	130	34	399	69	489	66
199	71	334	64	406	107	577	103	651	65	826	48	136	54	400	65	492	77
201	7	335	26	407	39	578	98	653	70	827	57	138	89	404	100	493	92
227	25	336	73	408	45	579	27	656	28	828	111	143	111	406	1	494	53
271	77	337	81	409	66	580	57	659	21	830	22	169	37	410	62	493	13
272	51	340	106	410	83	581	59	660	63	831	49	172	60	414	34	496	14
274	105	342	30	413	122	583	76	661	49	832	60	195	68	416	69	497	131
275	85	343	63	416	58	585	52	662	116	833	72	197	129	417	40	498	63
276	108	344	201	417	50	586	114	664	62	834	128	206	21	421	57	500	130
278	43	347	66	418	55	587	41	666	71	838	32	207	64	422	125	502	105
282	85	349	86	420	87	588	108	667	102	844	91	208	102	423	77	504	117
284	91	351	63	421	54	591	60	668	58	847	64	215	26	424	64	505	88
285	143	353	62	423	69	592	58	669	56	851	56	218	53	425	83	506	102
286	14	354	59	424	52	593	0	670	100	853	66	235	113	427	8	508	49
287	50	355	60	425	76	594	100	671	84	855	1	246	24	429	21	509	75
288	67	357	152	430	91	595	69	673	56	856	90	327	59	430	117	510	82
289	48	358	73	431	55	596	71	675	62	857	57	328	25	431	31	511	66
290	98	359	46	432	59	597	77	676	41	859	77	334	80	433	116	515	110
291	58	363	75	434	97	599	60	679	55	865	4	336	56	436	112	516	122
292	65	364	68	435	74	600	62	681	27	867	101	338	85	437	74	517	150
293	107	365	117	440	40	601	61	682	68	872	124	340	72	439	54	518	38
295	68	366	40	443	44	605	109	683	62	874	94	344	62	440	72	520	57
296	47	367	54	445	105	607	50	686	71		349	34	443	43	522	10	610

Каталог показателей цвета

241

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК17	ПК17	ПК17	ПК18	ПК18	ПК18	ПК 8	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18		
201-250	251-300	301-322	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18	ПК18		
612	51	692	88	1023	19	3	42	320	41	462	3	543	28	627	78	854	18	1042	52
613	69	695	67	1024	67	18	19	337	4	465	133	544	16	628	61	862	12	1044	55
615	73	700	78	1032	23	21	17	339	2	466	89	546	81	630	42	864	16	1045	40
616	121	703	93	1033	68	24	51	347	148	467	62	550	155	635	102	868	18	1046	71
617	69	704	150	1041	69	31	58	353	1	468	208	551	72	638	66	878	22	1047	75
618	89	706	13	1058	146	32	5	354	39	470	119	552	65	640	111	879	31	1049	84
619	56	713	111	1064	51	35	38	355	44	471	24	554	43	641	47	881	57	1050	116
620	86	715	62	1069	120	39	27	357	34	472	18	555	4	642	78	889	2	1051	29
624	123	719	71	1073	124	75	58	365	87	473	87	558	81	643	22	901	35	1055	80
625	123	720	71	1099	104	82	46	373	65	475	53	559	9	644	104	931	24	1056	142
628	83	723	49	1129	49	88	36	375	43	476	36	560	75	645	88	932	54	1059	70
630	3	727	90	1139	100	90	37	378	92	477	117	563	8	647	48	933	34	1060	109
632	67	732	153	1146	63	92	31	379	35	478	75	564	25	650	160	934	67	1061	81
633	53	751	58	1161	50	97	60	383	42	485	34	565	9	651	22	940	0	1062	79
634	22	759	77	1178	123	105	39	384	30	486	71	567	40	652	88	941	203	1063	13
635	14	763	73	1181	34	106	39	386	41	491	69	569	123	653	122	944	54	1070	40
636	34	772	25	1185	89	111	74	389	11	492	94	571	82	655	70	946	17	1071	69
637	26	773	112	1190	43	135	14	390	13	493	79	573	82	659	60	949	26	1072	104
641	14	774	53	1203	121	153	42	396	44	494	90	576	97	660	42	953	14	1075	51
642	35	777	52	1212	102	161	41	403	13	495	72	580	59	661	30	962	46	1076	13
643	68	876	57	1253	121	165	51	407	50	496	70	581	47	665	16	974	3	1078	15
644	111	893	74	1262	81	176	36	413	38	498	63	582	37	669	4	978	74	1079	87
645	92	905	9			178	84	415	65	499	40	583	14	677	80	984	26	1080	85
646	37	908	1			179	81	417	86	500	50	584	53	678	30	985	18	1084	78
647	117	910	9			180	90	418	76	501	103	586	74	680	104	993	121	1085	72
648	59	911	100			183	72	419	65	504	85	587	13	681	62	998	1	1088	13
649	61	918	54			187	67	424	105	505	49	588	107	683	101	1002	68	1100	71
654	97	921	39			194	42	425	66	506	62	590	19	688	125	1007	70	1106	50
655	97	927	35			195	79	426	94	509	75	591	113	691	88	1009	52	1108	66
657	110	931	49			206	72	427	26	510	80	594	116	694	45	1012	94	1109	1
658	76	936	50			211	71	428	76	515	24	596	41	695	37	1016	138	1110	140
660	80	937	60			212	74	430	1	517	87	598	132	698	83	1019	63	1112	110
662	68	944	47			214	25	432	59	518	52	599	29	699	82	1020	40	1113	11
664	21	946	16			215	55	433	73	519	83	601	30	700	100	1021	58	1120	17
665	62	952	136			217	63	436	82	520	115	602	71	702	38	1022	60	1124	70
666	18	960	72			219	59	437	34	521	76	604	46	703	78	1023	33	1125	68
669	57	965	79			221	98	438	64	522	59	605	177	705	62	1024	67	1130	33
673	94	969	57			234	57	439	20	523	110	607	60	712	78	1025	34	1131	97
674	113	976	71			235	71	443	39	524	90	608	40	713	56	1026	70	1132	58
675	80	979	108			249	62	445	66	525	38	610	160	714	82	1027	77	1135	92
676	54	982	101			254	54	448	34	526	99	611	76	715	53	1028	142	1137	36
678	37	983	84			261	24	449	118	527	75	612	109	723	43	1030	116	1143	61
679	37	986	113			262	18	450	28	528	72	613	5	729	17	1031	24	1145	162
685	85	990	118			266	30	451	65	532	52	615	113	786	27	1032	48	1148	44
686	38	991	96			273	34	453	67	534	95	618	63	791	46	1033	93	1151	98
687	98	996	18			274	23	455	44	536	18	619	64	800	49	1034	76	1152	177
688	102	997	7			275	48	458	152	538	39	620	46	831	44	1035	84	1153	218
689	58	1002	52			301	42	459	46	539	89	623	94	834	36	1037	8	1154	67
690	61	1020	19			304	19	460	84	541	73	624	88	835	9	1039	16	1155	75
691	45	1022	10			310	22	461	41	542	61	625	54	853	31	1041	51	1156	32

16. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК18		ЛК18		ЛК18		ПК18		ПК19		ПК19		ПК19		ПК19		ПК19		ПК19	
351-400		401-450		451-500		501-507		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300	
1157	2	1268	62	1542	44	1984	26	550	160	629	13	704	66	774	69	1104	15	1208	151
1160	38	1270	122	1551	6	1993	6	551	64	630	55	705	129	775	76	1108	22	1210	13
1162	93	1275	80	1567	4	1995	37	552	113	631	118	706	12	776	71	1109	18	1211	66
1165	110	1277	75	1588	25	2021	9	554	124	632	64	707	60	778	122	1110	63	1214	56
1167	87	1287	9	1589	27	2042	44	555	75	633	104	708	138	781	38	1111	62	1215	52
1168	20	1290	66	1591	5	2043	24	556	8	635	9	709	38	782	33	1113	128	1218	42
1169	68	1292	65	1596	36	2049	19	560	178	636	19	710	26	783	134	1114	42	1219	23
1170	13	1295	45	1600	5			561	36	637	60	713	49	785	113	1116	58	1221	24
1171	74	1302	83	1607	23			562	69	638	42	714	149	786	32	1118	56	1225	66
1173	53	1303	181	1630	26			563	2	641	52	715	42	787	15	1119	62	1227	58
1175	61	1304	67	1644	8			564	14	642	109	716	43	788	31	1121	137	1233	7
1176	123	1308	81	1650	31			565	58	645	34	717	7	789	31	1122	87	1235	127
1177	114	1309	61	1653	42			567	93	646	37	718	3	790	89	1123	13	1236	62
1179	76	1310	162	1657	29			569	51	647	26	719	58	791	33	1124	30	1238	78
1180	55	1311	78	1660	30			570	18	648	50	721	36	792	107	1125	4	1239	23
1182	70	1312	88	1662	28			573	88	649	65	722	73	793	50	1128	154	1240	15
1186	61	1315	142	1668	34			574	154	650	51	725	61	797	160	1129	35	1243	48
1187	73	1316	66	1671	9			575	65	651	21	726	7	798	57	1130	142	1247	14
1188	70	1317	261	1677	28			576	46	652	53	727	136	800	66	1131	81	1250	2
1192	60	1319	109	1681	48			577	68	653	37	728	58	1052	22	1132	183	1252	3
1198	8	1320	83	1682	33			578	24	655	57	729	51	1053	47	1134	17	1253	153
1201	104	1321	56	1694	44			583	48	656	72	730	77	1054	50	1135	19	1254	63
1202	17	1322	63	1712	38			584	64	658	26	731	136	1055	2	1137	55	1257	23
1205	91	1323	88	1723	36			589	43	659	112	732	25	1056	138	1139	7	1263	11
1210	40	1324	10	1728	40			592	47	660	99	733	46	1057	17	1140	14	1264	33
1212	11	1325	94	1729	31			593	19	662	62	734	28	1062	137	1141	40	1266	63
1217	46	1326	85	1732	51			594	26	663	14	736	37	1067	26	1143	124	1269	56
1221	70	1327	105	1740	20			595	28	664	75	737	47	1069	40	1144	60	1270	25
1227	31	1329	135	1754	43			596	39	665	50	738	32	1071	38	1146	54	1271	66
1230	33	1337	6	1758	55			598	59	666	155	739	32	1071	57	1149	59	1273	84
1231	100	1342	49	1783	20			599	52	667	39	742	29	1072	61	1150	112	1277	36
1236	105	1345	49	1787	8			600	46	669	21	743	145	1073	110	1152	41	1278	28
1237	105	1351	29	1809	41			601	108	671	40	744	23	1074	91	1156	46	1288	92
1239	42	1353	61	1812	25			602	83	672	18	745	101	1076	37	1161	61	1294	56
1241	12	1356	33	1815	19			604	51	677	5	746	47	1077	95	1162	50	1295	73
1246	14	1367	7	1817	30			606	34	678	66	747	101	1078	107	1163	24	1296	69
1247	84	1369	54	1821	40			607	41	680	42	748	16	1079	143	1164	4	1297	73
1250	142	1373	2	1829	8			608	60	681	57	749	52	1082	54	1166	72	1300	35
1251	98	1400	51	1860	10			610	29	682	4	750	70	1083	48	1172	16	1302	32
1253	40	1412	15	1874	17			611	34	683	63	752	18	1085	71	1174	5	1374	44
1257	40	1421	40	1884	34			612	39	685	53	754	93	1087	58	1177	32	1305	73
1258	35	1438	46	1898	56			613	56	687	51	755	61	1088	51	1179	37	1306	8
1259	53	1446	40	1911	52			614	55	689	41	756	125	1090	37	1183	61	1308	32
1260	56	1451	24	1919	29			619	12	690	107	757	30	1093	14	1189	69	1309	28
1261	72	1452	34	1922	33			620	54	692	7	759	105	1095	18	1190	50	1310	29
1262	62	1488	35	1928	32			621	68	693	41	763	60	1096	65	1192	55	1313	67
1264	38	1499	54	1933	44			624	53	696	59	766	46	1097	14	1194	16	1317	32
1265	49	1507	82	1953	24			625	33	697	49	768	63	1099	102	1197	18	1322	25
1266	47	1527	45	1966	33			626	40	702	62	772	20	1100	70	1199	21	1329	22
1267	42	1540	36	1978	24			627	36	703	38	773	13	1101	36	1200	34	1332	37

Каталог показателей цвета

243

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	7	1	2	1	2
ПК19	ПК19	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20	ПК20
301-350	351-358	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-379								
1337	42	1454	15	1	47	498	47	722	52	1171	43	1286	39	1396	67	1552	31
1338	29	1455	62	6	43	504	80	730	95	1173	102	1289	90	1397	103	1553	35
1342	60	1458	26	11	27	505	46	732	107	1175	91	1290	47	1400	93	1556	27
1343	29	1459	32	14	14	507	55	733	59	1177	66	1293	56	1401	60	1566	21
1347	25	1461	59	19	104	517	67	739	34	1178	19	1297	40	1407	102	1587	3
1348	41	1462	22	21	22	519	11	740	12	1180	85	1300	109	1411	69	1632	43
1357	57	1466	19	25	24	524	43	745	20	1181	89	1301	66	1412	97	1675	25
1358	24	1469	5	33	23	525	129	754	80	1184	28	1302	114	1418	59	1755	25
1360	5			34	32	529	83	755	77	1187	49	1309	95	1419	58	1771	46
1361	69			54	72	530	59	756	33	1189	121	1312	84	1423	47	1815	39
1362	17			60	23	531	55	760	10	1190	65	1317	55	1425	89	1840	18
1364	5			61	19	532	32	761	24	1191	149	1319	58	1426	72	1881	25
1399	33			75	19	534	64	777	83	1192	87	1320	52	1427	53	1937	66
1373	18			118	23	536	27	789	6	1194	5	1324	7	1428	52	1941	158
1375	18			132	43	547	81	791	19	1195	63	1327	122	1439	98	1942	15
1376	72			156	2	551	68	802	28	1196	31	1328	95	1442	48	1954	67
1380	49			166	6	558	49	803	23	1197	27	1334	38	1443	90	1958	57
1381	64			171	41	568	62	804	49	1198	68	1336	76	1446	128	1964	40
1384	43			189	18	573	68	816	27	1199	16	1339	50	1447	101	1966	77
1385	83			192	52	575	41	817	21	1203	51	1340	63	1451	55	2005	51
1387	88			199	60	582	78	832	21	1204	59	1343	58	1459	71	2011	60
1388	68			200	20	584	23	839	29	1205	59	1352	79	1460	59	2036	22
1389	18			228	53	606	22	842	26	1209	109	1353	83	1462	37	2037	35
1391	32			276	25	610	62	874	21	1210	67	1357	54	1464	89	2040	62
1392	14			305	22	613	4	887	32	1212	75	1358	47	1465	115	2044	66
1394	23			310	36	618	53	889	11	1213	43	1359	57	1466	83	2050	42
1396	59			322	42	621	20	986	7	1214	48	1360	108	1469	16	2060	63
1399	107			343	30	622	7	990	37	1215	81	1362	84	1473	48	2093	20
1404	66			348	6	625	15	991	29	1216	24	1363	63	1474	89	2100	107
1406	62			349	39	633	36	1012	18	1221	117	1365	47	1475	79	2101	32
1408	128			357	18	638	39	1013	44	1222	23	1366	60	1481	6	2107	31
1410	63			416	17	640	46	1022	37	1224	75	1367	57	1482	85	2112	33
1412	80			417	40	648	59	1030	34	1227	57	1370	70	1488	64	2120	84
1414	13			427	19	649	48	1045	19	1228	88	1372	19	1489	46	2121	86
1420	62			446	111	654	31	1050	20	1231	24	1373	39	1491	115	2123	15
1421	45			450	85	660	19	1052	22	1233	64	1374	103	1492	75	2136	72
1423	138			452	74	661	54	1065	41	1245	9	1375	97	1494	68	2138	27
1427	149			453	46	662	62	1076	22	1247	66	1376	61	1495	31	2140	23
1428	66			455	21	664	50	1078	2	1251	83	1377	63	1499	56	2143	59
1430	52			458	168	677	88	1087	36	1257	33	1378	47	1500	65	2146	67
1432	30			459	30	675	178	1092	29	1259	139	1379	54	1501	73	2163	29
1433	91			465	21	677	140	1138	24	1262	31	1380	54	1507	57	2164	111
1434	7			466	39	679	10	1144	50	1263	29	1381	41	1512	107	2166	88
1435	44			468	46	682	78	1149	29	1265	111	1383	52	1522	106	2170	63
1443	48			472	97	687	126	1150	65	1267	66	1384	38	1527	97	2171	34
1445	28			473	54	688	47	1156	27	1268	107	1385	39	1533	58	2186	40
1448	77			479	46	693	36	1157	35	1273	35	1389	4	1535	58	2190	50
1449	140			480	89	698	66	1161	40	1276	46	1392	45	1541	29	2192	135
1451	34			481	18	701	19	1166	72	1277	41	1393	73	1546	90	2194	148
1453	145			493	80	715	51	1170	116	1281	94	1395	138	1550	88	2198	35

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21	ПК21
1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-345	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-345	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300
74	43	593	40	770	115	1119	99	1215	92	1295	137	1379	11	19	23	958	102	1132	110
96	52	594	41	771	106	1122	70	1217	32	1296	41	1382	15	36	16	959	113	1133	55
114	44	595	97	777	65	1123	53	1218	79	1298	59	1388	120	62	31	964	91	1150	22
278	21	596	69	778	103	1124	92	1220	85	1299	24	1389	22	67	24	967	37	1152	59
434	51	602	124	779	110	1127	44	1221	103	1300	36	1391	24	122	26	970	75	1155	58
483	30	603	68	782	75	1128	86	1222	36	1302	116	1394	56	138	10	976	64	1159	10
484	136	605	64	783	72	1129	58	1223	69	1303	5	1396	154	177	34	982	108	1160	90
487	51	609	94	785	92	1132	45	1225	101	1304	91	1398	78	196	6	984	55	1164	61
495	111	613	39	791	52	1135	98	1227	95	1308	100	1401	48	204	18	986	118	1165	106
498	60	619	76	794	118	1136	48	1228	62	1309	146	1405	127	211	73	992	70	1166	108
500	104	620	18	796	98	1139	27	1229	131	1311	98	1406	97	214	10	998	49	1170	82
502	98	621	47	801	62	1140	136	1231	111	1313	48	1408	9	216	18	1000	96	1172	80
507	38	622	86	804	42	1142	74	1233	32	1316	69	1410	22	217	7	1004	87	1177	79
509	63	629	138	805	86	1144	47	1235	35	1317	110	1413	56	274	6	1005	50	1178	94
510	77	632	90	811	54	1146	119	1236	32	1318	76	1418	104	278	16	1006	4	1179	23
512	116	636	102	812	12	1147	27	1237	42	1319	46	1419	90	295	32	1012	22	1181	100
513	136	638	31	815	61	1149	69	1238	72	1320	114	1420	28	302	7	1015	26	1182	25
515	54	645	128	822	13	1151	80	1239	87	1321	78	1423	107	337	29	1018	98	1183	41
518	171	648	35	823	52	1152	78	1241	55	1322	120	1434	66	384	38	1023	94	1185	26
519	55	653	36	824	85	1154	36	1242	67	1323	120	1437	65	402	25	1024	68	1190	97
521	68	654	102	826	97	1164	40	1244	112	1324	159	1439	135	491	4	1030	82	1205	55
522	59	658	98	832	94	1166	51	1245	40	1327	22	1440	104	531	10	1033	146	1208	36
524	84	661	49	833	86	1167	36	1247	42	1328	78	1441	48	598	15	1035	104	1212	50
527	63	665	53	834	58	1169	76	1248	53	1329	40	1442	43	645	34	1038	98	1218	1
529	54	676	94	836	16	1171	70	1249	55	1331	1	1448	74	785	5	1039	76	1220	37
533	19	683	59	838	142	1172	54	1250	84	1332	51	1799	12	791	43	1042	111	1222	38
541	141	693	74	853	32	1174	82	1254	55	1335	115	1804	52	829	27	1052	62	1223	46
543	34	694	100	1037	23	1175	125	1255	142	1336	53	1807	60	839	29	1053	36	1228	120
545	89	697	111	1042	2	1178	80	1256	63	1337	79	1863	19	844	108	1057	81	1238	52
547	5	704	127	1048	32	1179	83	1257	77	1338	61	1866	28	846	83	1058	49	1243	57
550	55	705	89	1058	31	1180	66	1260	78	1339	76	1883	2	850	66	1059	104	1247	165
552	18	707	51	1176	9	1181	69	1261	41	1340	126	1884	44	853	102	1064	45	1250	12
555	22	709	90	1083	131	1183	78	1262	110	1341	103	1927	22	856	26	1067	40	1255	87
557	35	712	78	1086	69	1187	123	1266	98	1342	117	1990	40	858	39	1070	109	1256	57
559	91	716	143	1087	75	1189	96	1268	71	1343	47	2042	11	884	106	1073	65	1259	24
560	78	719	71	1088	137	1190	98	1269	17	1345	25		888	92	1074	23	1260	122	
563	67	721	52	1089	65	1191	60	1270	128	1346	34		889	30	1075	34	1261	99	
565	101	722	67	1090	101	1192	46	1271	62	1349	13		902	42	1080	45	1268	40	
566	81	723	50	1094	71	1193	73	1272	61	1352	66		907	18	1081	103	1287	24	
567	117	726	47	1097	85	1194	136	1274	66	1356	89		908	138	1085	132	1288	18	
568	67	728	19	1099	50	1197	26	1275	102	1357	18		912	10	1087	110	1304	100	
570	118	732	53	1100	98	1198	60	1276	91	1358	45		915	25	1088	59	1309	111	
571	49	736	113	1105	29	1199	90	1279	130	1365	42		916	105	1092	45	1311	10	
580	99	740	69	1106	81	1205	151	1282	93	1366	60		918	33	1097	109	1318	26	
582	138	745	100	1107	40	1207	77	1284	43	1367	82		927	40	1103	64	1323	132	
583	84	746	95	1108	23	1208	116	1286	57	1369	44		938	30	1108	37	1330	20	
586	140	750	56	1112	76	1209	145	1288	133	1372	37		939	85	1110	69	1331	112	
589	53	751	73	1115	66	1211	59	1291	125	1374	35		942	18	1121	47	1341	64	
590	20	755	64	1116	49	1213	140	1292	117	1376	44		949	82	1124	85	1344	112	
591	109	769	101	1118	90	1214	140	1293	104	1378	50		954	113	1125	70	1345	103	

Каталог показателей цвета

245

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК22	ПК22	ПК22	ПК22	ПК22	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23	ПК23
151-200	201-250	251-300	301-350	351-372	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-372	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350
1346	91	1557	159	2207	19	2417	9	2709	38	6	28	368	34	570	98	675	148	791	86
1349	49	1562	10	2209	127	2421	71	2712	26	16	29	379	42	572	165	678	63	792	108
1350	95	1564	19	2213	61	2435	88	2715	48	19	6	399	19	576	135	679	129	793	152
1351	134	1565	7	2224	131	2442	30	2757	24	22	38	401	23	580	135	682	79	794	111
1352	98	1589	10	2226	147	2450	120	2820	18	23	48	406	41	581	122	683	62	798	61
1353	59	1592	16	2229	105	2456	71	2827	10	25	9	426	76	584	95	687	134	800	55
1356	42	1610	102	2231	119	2458	87	2843	4	27	33	437	49	586	36	688	46	801	174
1357	102	1630	154	2233	149	2467	24	2845	21	29	29	454	12	588	39	689	142	802	61
1358	42	1642	12	2236	10	2480	95	2848	37	34	44	462	19	589	70	691	74	803	149
1360	8	1655	96	2237	15	2483	80	2852	14	36	25	472	4	591	81	694	129	804	88
1365	57	1679	5	2238	97	2485	45	2856	23	46	23	485	45	592	49	697	138	806	70
1368	72	1685	18	2240	34	2488	53	2861	45	51	10	491	90	593	110	699	125	807	6
1371	114	1686	15	2242	66	2493	100	2866	15	54	45	499	51	597	53	702	35	808	47
1373	67	1693	9	2246	104	2499	73	2867	120	66	27	500	36	598	1	704	67	809	51
1374	8	1695	4	2250	137	2507	61	2870	7	67	30	504	13	600	25	705	236	811	74
1376	134	1703	7	2253	14	2512	75	2872	30	70	22	506	16	602	82	711	61	813	120
1379	123	1715	20	2260	22	2522	73	2873	40	84	39	509	62	603	129	713	74	814	30
1382	58	1738	90	2261	37	2524	89	2901	22	88	29	511	72	607	70	715	86	816	79
1384	34	1748	8	2262	32	2536	207	2903	25	92	34	512	51	608	70	716	89	818	93
1387	13	1862	12	2265	71	2542	50	2939	26	93	74	513	46	613	69	718	82	820	68
1390	64	1909	32	2267	45	2543	75	2961	18	96	14	514	57	614	77	723	70	825	151
1400	35	1919	40	2269	29	2547	103	2980	34	97	51	518	55	615	76	725	77	827	114
1412	148	1940	17	2275	115	2548	114			99	20	519	74	616	57	726	116	831	80
1415	94	2044	49	2281	111	2552	108			140	34	523	58	618	58	727	119	833	44
1420	111	2046	100	2283	116	2553	35			144	47	524	37	619	74	729	102	835	50
1422	132	2051	77	2290	121	2554	35			148	28	525	82	621	12	730	135	837	62
1423	18	2061	33	2309	34	2558	93			157	52	526	66	625	124	731	160	841	90
1428	119	2064	62	2310	94	2563	66			180	10	529	31	628	20	732	69	843	163
1433	83	2085	130	2317	15	2564	101			190	30	530	47	629	104	733	36	844	110
1436	30	2088	112	2323	45	2574	71			193	39	531	127	631	28	734	19	849	66
1439	90	2089	50	2328	105	2576	43			198	35	537	34	632	66	735	58	850	23
1458	40	2112	80	2332	119	2583	59			225	2	538	57	635	215	736	88	879	16
1459	111	2120	85	2333	104	2594	56			228	20	539	66	636	153	737	1	917	38
1463	58	2121	43	2335	60	2595	39			240	31	540	72	637	148	738	79	939	5
1467	11	2122	48	2336	37	2602	26			241	52	541	31	638	159	739	85	945	24
1480	118	2123	107	2343	76	2107	71			244	39	542	124	639	64	742	100	950	5
1482	93	2136	46	2345	23	2627	120			246	1	543	15	643	68	746	92	976	56
1489	73	2141	36	2349	48	2628	126			258	41	544	64	648	75	751	102	979	65
1496	12	2143	39	2353	121	2639	38			261	7	547	64	649	59	752	122	1040	52
1500	68	2144	55	2355	46	2641	20			263	1	550	34	651	22	753	103	1061	32
1501	97	2148	113	2357	7	2643	30			268	3	551	107	654	68	755	113	1074	80
1505	102	2151	95	2358	32	2645	54			276	51	552	32	655	28	756	72	1075	25
1508	62	2163	20	2372	90	2654	45			301	26	553	22	656	113	759	64	1077	156
1511	71	2168	94	2383	74	2657	133			317	42	557	34	657	20	764	65	1078	45
1513	15	2181	36	2388	87	2669	52			318	33	560	70	658	23	765	66	1079	54
1528	28	2188	49	2402	23	2676	50			331	31	561	157	659	62	770	120	1081	29
1538	34	2199	67	2403	86	2680	24			343	37	564	123	669	38	771	100	1082	32
1541	85	2200	122	2404	159	2687	72			353	54	566	168	670	92	775	72	1083	56
1552	14	2201	85	2405	71	2690	76			362	36	567	28	671	136	780	83	1085	46
1554	155	2202	14	2412	27	2704	62			364	41	569	105	673	58	785	66	1089	134

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК23		ПК23		ПК23		ПК23		ПК23		ПК23		ПК24		ПК24		ПК24	
251-300		301-350		351-400		401-450		451-500		501-505		1-50		51-100		101-150	
1091	38 1205	40 1324	31 1455	163 1736	47 2220	2 58	45 180	25 480	107 558	57							
1093	63 1207	61 1325	128 1460	106 1749	12 2245	11 60	5 187	13 483	39 559	115							
1094	108 1208	78 1326	71 1468	110 1750	42 2249	22 61	46 191	4 484	73 560	75							
1095	50 1212	82 1327	91 1472	79 1757	44 2255	17 64	72 199	63 485	52 561	86							
1102	33 1215	120 1328	30 1473	47 1758	38 2270	18 69	34 202	29 486	48 564	36							
1106	53 1217	87 1332	55 1474	54 1762	44	73	60 203	69 487	158 566	33							
1108	66 1221	142 1333	70 1475	7 1792	48	75	50 205	37 488	91 567	31							
1121	204 1223	60 1335	64 1478	50 1793	27	78	120 211	22 490	79 568	45							
1124	71 1224	122 1336	65 1481	90 1797	14	80	75 216	37 491	33 569	29							
1125	38 1227	14 1341	29 1484	188 1805	17	81	35 217	61 492	60 570	160							
1126	121 1228	73 1343	105 1486	138 1813	27	84	36 220	42 494	195 571	83							
1127	33 1231	156 1345	182 1498	96 1849	34	85	32 222	92 496	108 572	56							
1129	86 1232	79 1346	127 1506	220 1854	38	86	71 226	90 498	95 573	11							
1132	42 1234	1 1348	83 1509	30 1862	14	87	70 227	58 499	45 574	62							
1133	44 1238	64 1350	36 1511	58 1863	36	91	102 232	22 501	74 576	74							
1135	76 1242	82 1351	28 1516	39 1870	38	92	47 233	124 502	152 580	76							
1136	67 1244	41 1353	25 1519	8 1872	46	93	82 236	32 503	99 582	74							
1137	71 1247	98 1357	91 1521	18 1873	18	94	13 246	22 504	182 583	31							
1138	24 1248	29 1359	18 1522	13 1875	38	95	33 247	22 505	39 585	19							
1142	140 1253	78 1361	81 1530	120 1882	13	97	69 250	31 506	60 586	61							
1144	93 1254	102 1362	62 1533	34 1888	41	99	45 255	25 507	37 587	55							
1149	133 1255	114 1363	84 1537	118 1896	23	101	66 258	38 508	111 588	17							
1153	112 1256	95 1365	39 1541	92 1909	25	104	68 259	39 509	122 589	37							
1155	56 1257	63 1366	32 1543	44 1917	36	110	86 260	24 510	59 590	67							
1157	68 1258	84 1369	48 1551	50 1922	49	111	61 266	34 511	150 593	66							
1158	112 1259	142 1370	157 1552	23 1926	5	112	135 271	93 512	36 594	43							
1159	223 1262	114 1376	85 1557	68 1927	54	113	37 273	16 513	15 595	28							
1160	111 1263	69 1381	115 1560	46 1936	32	114	30 284	15 514	22 596	59							
1162	54 1265	139 1382	54 1564	53 1940	24	116	98 286	21 516	173 598	62							
1163	38 1266	86 1384	101 1569	162 1941	41	118	62 295	112 517	69 599	46							
1164	56 1270	108 1387	84 1579	45 1945	20	125	68 304	167 518	13 601	60							
1167	90 1275	109 1388	100 1583	37 1950	24	128	41 306	30 519	88 602	69							
1168	162 1280	126 1389	90 1586	2 1951	47	129	1 310	49 521	58 605	82							
1169	77 1284	94 1390	31 1602	47 1953	0	131	1 314	28 523	33 606	10							
1170	82 1287	25 1394	82 1603	56 1968	37	133	22 315	29 524	50 607	17							
1171	76 1289	20 1400	166 1607	10 1982	33	135	20 316	81 525	140 609	123							
1172	111 1291	129 1401	132 1620	12 1996	38	137	49 318	26 526	91 610	144							
1173	75 1292	62 1404	91 1626	14 2009	12	138	80 326	20 529	85 611	12							
1174	63 1297	45 1410	129 1627	33 2014	30	141	22 337	41 530	51 612	23							
1175	119 1299	153 1421	70 1640	0 2054	8	142	69 338	49 533	47 613	53							
1177	50 1308	66 1424	50 1648	8 2059	6	143	29 339	90 535	49 614	47							
1181	70 1310	68 1425	89 1650	5 2065	6	147	39 344	29 536	10 615	47							
1182	53 1311	152 1430	117 1652	34 2089	11	148	64 467	79 537	21 617	42							
1190	69 1313	167 1431	41 1667	24 2130	11	153	13 468	87 540	62 618	34							
1196	16 1314	72 1432	62 1675	28 2133	9	154	86 469	81 541	105 619	48							
1197	54 1317	40 1437	58 1679	3 2138	26	157	47 470	0 547	46 620	33							
1198	52 1318	73 1440	32 1684	18 2167	8	158	25 475	57 548	92 622	46							
1199	138 1319	87 1443	2 1686	6 2179	12	163	53 476	40 550	48 623	84							
1201	71 1320	74 1451	12 1707	32 2184	18	168	37 477	72 551	37 626	21							
1203	118 1321	111 1453	103 1717	39 2205	8	175	79 478	38 553	62 627	66							

Каталог показателей цвета

247

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК24	ПК24	ПК24	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25	ПК25
201-250	251-300	301-329	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350										
628	76812	121,906	148	6	21193	50383	20574	57658	84	747	641034	33							
632	45813	39907	84	11	32196	29417	38575	67659	92	748	531035	43							
634	59814	63909	63	14	4200	51418	51580	74660	82	749	881036	84							
636	14816	26913	135	18	16201	102420	3581	40661	60	750	701043	32							
637	50817	31916	91	23	47204	107421	23582	62662	113	751	621049	148							
638	120818	136917	62	25	45216	98426	16583	66664	100	752	681053	104							
639	110819	171918	40	29	34218	112428	62585	118665	89	754	711057	53							
640	44820	12919	94	30	46222	28437	35586	51666	117	755	761060	26							
641	38823	49920	140	31	25223	125439	6588	64667	77	756	271066	135							
643	96824	40921	54	35	17233	64440	27589	126668	76	760	1121067	34							
649	32826	88924	43	37	16234	100441	11590	81669	68	761	1431068	96							
651	39828	38925	71	38	4235	72446	50591	77671	143	762	711069	174							
652	36830	102926	72	41	31236	36450	34592	78672	15	764	691070	93							
653	56831	114930	100	44	57239	30454	51595	67674	42	767	2231072	31							
657	62832	40931	119	60	44241	102457	69596	115675	81	769	901073	128							
658	37833	46934	90	63	27247	93458	38598	53677	93	770	911074	76							
661	2834	107938	128	66	25250	35459	3599	49678	90	773	591075	113							
665	78835	32940	30	73	31252	23463	3060	136680	163	775	871080	61							
667	106836	64941	59	79	31255	86466	13601	71681	20	782	691081	63							
668	115839	89942	49	81	31259	64471	56602	47682	41	785	521085	150							
670	100840	33944	44	92	66262	71480	50605	34684	68	788	1291086	112							
671	173846	79946	79	93	26266	26491	31608	125685	63	791	911092	100							
673	47847	53948	58	96	110267	46500	8609	81686	98	794	411093	86							
674	32848	76950	39	102	94273	62502	9611	59688	67	795	181097	137							
676	54851	20952	248	110	52274	23506	56612	39689	70	798	1231101	65							
677	73853	46954	50	113	28276	24510	58613	82690	81	800	411102	60							
678	42855	33957	31	114	20280	68513	38614	64691	96	816	301108	80							
684	94857	45958	49	119	52281	38515	31615	45697	77	823	461116	104							
685	150859	72959	77	120	19288	17518	34618	113699	91	848	181117	30							
687	27863	124	121	90	289	21519	5622	56701	22	879	601118	57							
688	47866	184	128	116	290	46522	39623	82703	70	905	461123	30							
690	77868	59	129	37	294	94525	5624	105705	69	906	141124	56							
691	62872	57	136	37	296	41533	98625	136707	60	998	331126	118							
692	39874	75	138	69	297	58534	60628	6708	57	917	471127	90							
693	52875	93	144	37	298	17535	33630	14709	81	928	471132	56							
697	132876	56	148	25	301	47539	74632	86710	105	948	471136	37							
699	79878	68	149	36	305	81540	56633	78718	6	949	331137	5							
700	8880	52	150	64	309	46541	79639	81726	44	952	81139	38							
702	31882	63	151	19	313	36543	86640	31728	103	955	141140	26							
703	57883	46	152	130	315	65546	56641	10729	62	978	311141	126							
704	17886	69	158	60	317	42548	35642	77730	38	986	601143	25							
705	89890	41	159	64	318	22549	103643	38734	41	988	321146	82							
800	39892	48	162	50	326	73550	54644	74735	39	995	671148	48							
803	89895	97	166	55	328	51554	69645	78738	40	1002	681153	68							
804	36896	182	170	13	330	48555	87646	74739	72	1008	521154	49							
806	90899	43	172	129	339	65560	58647	69740	25	1018	161155	48							
807	34900	40	178	65	359	11565	34650	56741	65	1020	521158	44							
809	132903	59	180	42	370	49571	60654	36742	81	1022	601159	21							
810	106904	108	188	61	374	24572	52655	44743	122	1023	591160	56							
811	122905	55	192	110	379	3573	47656	86746	28	1027	351161	52							

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК25	ПК25	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК26	ПК27	
351-400	401	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-349	1-50								
1162 52	1427 42	76 32	876 55	1028 58	1155 49	1268 63	1866 96	2054 90	5 73								
1163 50		159 47	885 39	1032 63	1159 131	1269 81	1869 21	2055 167	6 98								
1164 15		167 21	893 104	1034 34	1160 51	1271 47	1872 54	2059 31	14 60								
1167 25		185 33	895 20	1038 84	1161 64	1272 53	1876 88	2061 56	19 57								
1182 54		186 15	899 61	1039 86	1164 41	1278 109	1879 29	2066 110	20 60								
1186 70		194 36	905 53	1040 8	1166 35	1279 70	1881 41	2069 93	21 97								
1189 45		205 128	906 74	1041 56	1169 46	1280 60	1883 59	2071 65	22 52								
1198 66		221 110	909 119	1044 53	1170 54	1281 198	1884 173	2082 118	23 72								
1200 48		247 54	911 113	1045 54	1171 134	1335 14	1886 70	2083 77	24 112								
1208 38		254 17	919 29	1046 49	1172 51	1346 32	1888 98	2094 61	26 75								
1210 26		263 22	921 115	1047 171	1175 72	1352 22	1889 87	2097 48	29 52								
1212 25		267 45	922 47	1050 81	1177 39	1353 17	1899 21	2100 36	30 68								
1216 29		272 26	925 8	1051 121	1180 107	1369 17	1902 58	2106 32	36 79								
1217 30		278 46	928 107	1056 112	1181 30	1402 19	1904 48	2155 24	40 78								
1245 51		306 117	940 2	1060 120	1182 71	1602 30	1905 89	2186 20	49 58								
1253 31		309 73	942 31	1066 40	1185 123	1607 21	1916 43	2209 31	52 87								
1264 60		315 53	946 122	1067 58	1190 66	1651 21	1921 63	2221 3	53 59								
1271 34		318 111	952 134	1068 84	1195 103	1667 22	1924 86	2229 40	56 76								
1274 48		321 8	958 114	1072 180	1196 41	1694 37	1928 48	2236 19	57 15								
1277 64		330 50	960 117	1079 110	1198 24	1697 14	1944 35	2377 152	60 94								
1284 54		373 39	961 49	1080 29	1200 117	1713 39	1946 105	2383 118	63 136								
1291 20		386 64	962 56	1084 125	1201 88	1719 30	1950 39	2396 55	64 58								
1292 56		393 42	964 90	1087 118	1207 89	1721 63	1952 80	2402 64	66 61								
1295 61		396 19	966 66	1088 63	1208 39	1722 61	1954 21	2417 41	67 59								
1296 140		400 42	972 78	1091 25	1209 150	1723 102	1955 36	2432 71	68 72								
1301 47		420 23	973 70	1092 10	1211 99	1729 22	1957 7	2451 51	69 62								
1305 25		424 38	975 72	1093 71	1217 89	1730 56	1960 133	2453 119	72 57								
1321 35		426 36	976 48	1094 56	1218 89	1734 112	1964 41	2464 69	73 57								
1322 38		432 49	977 90	1096 88	1221 67	1744 122	1966 72	2477 17	75 61								
1335 48		457 123	979 69	1098 123	1226 12	1752 171	1976 16	2487 48	76 62								
1344 54		477 40	980 78	1099 83	1228 67	1769 79	1979 51	2488 4	77 16								
1352 26		496 2	981 25	1100 74	1229 69	1771 33	1981 58	2504 58	78 67								
1354 58		500 51	982 50	1103 10	1231 130	1775 119	1990 39	2511 137	80 58								
1362 64		543 26	985 50	1104 70	1232 56	1787 8	1992 105	2514 31	81 91								
1367 75		558 16	986 11	1105 42	1236 110	1788 50	1994 62	2521 59	82 76								
1369 29		590 46	987 47	1108 85	1238 91	1791 76	1995 100	2530 128	84 62								
1371 54		604 20	989 40	1112 135	1240 125	1700 130	2001 21	2535 11	85 59								
1378 78		612 37	991 137	1115 58	1243 52	1804 141	2003 100	2549 53	88 89								
1384 58		769 28	994 138	1120 51	1244 39	1806 48	2004 24	2554 58	89 32								
1386 64		779 24	995 154	1121 79	1245 101	18 4	2017 22	2555 8	90 82								
1388 34		794 8	999 28	1123 120	1246 46	1807 13	2020 77	2558 70	105 10								
1389 36		818 25	1001 50	1126 198	1247 67	1809 59	2029 81	2560 48	107 65								
1390 68		846 104	1005 25	1130 10	1253 35	1815 131	2030 44	2563 44	109 39								
1396 46		848 67	1008 13	1131 44	1257 77	1816 142	2033 37	2577 9	116 72								
1397 10		849 18	1010 142	1133 118	1258 61	1817 128	2034 17	2583 32	117 59								
1398 43		851 110	1015 55	1134 62	1259 104	1819 63	2038 52	2607 58	121 27								
1401 29		855 59	1019 37	1141 29	1260 19	1831 47	2039 102	2622 26	125 25								
1405 58		857 65	1021 25	1144 50	1262 111	1832 51	2040 60	2635 25	128 2								
1408 63		866 62	1024 73	1148 120	1263 70	1854 114	2043 49	2652 166	134 98								
1410 36		872 6	1026 47	1154 130	1264 55	1861 79	2047 49		136 43								

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК27	ПК27	ПК27	ПК27	ПК27	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28
51-100	101-150	151-200	201-250	251-297	1-50	51-100	101-150	151-200	201-233	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28	ПК28
138	61 399	69 503	36 812	71 928	86 1	73 346	108 427	72 794	27 897	75							
139	84 401	64 504	104 814	72 931	33 2	59 348	99 430	52 797	37 903	66							
141	98 404	55 511	58 815	66 937	107 3	82 349	118 431	70 800	58 904	88							
144	64 405	64 512	50 817	109 938	83 6	69 350	52 433	147 801	46 906	69							
145	102 407	62 514	68 819	57 941	62 17	63 351	51 434	49 804	96 910	66							
146	12 409	76 516	48 820	4 942	80 26	15 352	80 436	29 805	47 911	93							
151	19 411	69 517	64 824	122 949	66 27	35 356	56 442	41 806	149 912	87							
156	100 413	58 521	78 825	42 950	55 28	70 357	95 444	58 808	120 914	56							
164	87 414	28 524	66 831	66 952	99 31	80 358	52 445	64 809	111 916	45							
167	11 415	54 525	38 832	67 955	106 34	70 359	18 447	72 813	55 917	75							
168	60 419	66 526	62 833	62 958	43 36	63 360	68 448	102 815	149 925	49							
169	63 420	69 527	86 834	66 962	67 44	97 361	40 449	128 818	50 926	82							
175	22 425	108 528	64 835	8 964	99 45	86 364	63 451	59 821	83 927	48							
187	54 426	29 529	50 837	101 969	56 49	60 365	65 453	94 822	62 932	49							
190	68 429	52 535	73 841	142 978	64 52	39 367	69 454	84 826	99 933	91							
192	74 430	64 536	121 842	9 980	94 56	53 370	140 455	83 827	77 934	124							
193	70 431	106 539	66 843	6 982	73 58	88 371	57 460	80 829	45 1164	76							
194	28 432	37 541	58 844	72 983	1 64	65 373	57 461	111 832	57 1165	140							
195	95 433	75 545	69 846	61 988	93 85	36 374	114 462	48 835	16 1168	83							
199	66 434	126 547	114 849	67 992	72 94	101 375	61 464	58 836	119 1169	105							
203	98 435	61 551	70 850	29 996	74 105	59 376	89 467	94 837	103 1175	27							
208	82 436	70 552	25 853	13 997	118 106	41 377	101 473	91 838	89 1187	138							
212	54 439	97 554	73 856	73 1002	65 107	50 384	73 475	52 843	50 1191	60							
215	76 444	87 555	77 857	93 1003	56 111	38 387	130 476	122 844	52 1192	62							
216	72 446	65 560	60 864	140 1010	106 113	58 389	104 481	74 847	68 1193	52							
218	24 447	54 565	87 868	101 1014	70 125	28 390	75 482	32 848	55 1199	58							
220	95 449	77 566	51 869	81 1021	70 132	152 392	60 489	117 849	69 1201	59							
221	91 451	30 570	83 872	59 1022	7 142	34 393	49 490	61 850	104 1205	51							
226	31 453	82 571	91 876	8 1023	53 162	68 399	98 492	106 853	90 1209	73							
267	48 455	130 580	71 877	58 1031	8 319	12 400	55 500	9 854	94 1235	68							
287	18 456	142 582	128 880	97 1037	114 320	111 401	64 508	6 855	67 1238	54							
288	18 457	61 589	12 885	56 1046	19 321	85 403	64 516	49 856	39 1252	52							
290	23 458	102 595	36 886	77 1051	60 322	70 404	72 523	71 859	81 1274	12							
320	25 459	83 601	65 887	59 1052	63 323	62 405	65 755	13 860	57								
357	37 460	50 602	77 888	61 1068	3 324	58 406	61 758	127 863	70								
376	48 470	85 603	63 890	79 1073	55 325	110 407	101 759	65 864	102								
380	71 472	65 604	60 894	67 1239	89 327	108 408	69 760	79 867	132								
381	77 474	69 607	68 895	55 1240	51 329	66 409	74 766	65 868	54								
383	107 475	51 677	34 900	72 1265	68 330	51 410	77 767	100 869	55								
384	119 475	65 748	12 902	92 1276	18 332	48 412	97 768	57 872	75								
385	55 477	91 752	43 904	74 1278	1 334	73 413	32 769	91 874	76								
386	62 478	59 754	52 905	63 1292	12 335	86 415	69 774	116 875	50								
387	57 481	100 760	15 908	59 1302	12 336	115 418	43 775	33 876	55								
388	21 482	76 795	70 912	86 1305	35 337	63 419	63 778	60 880	51								
389	130 485	50 795	70 913	73 1346	6 338	62 420	57 781	110 882	107								
390	57 486	94 800	63 916	64 1349	42 339	63 422	49 783	50 884	66								
391	67 488	15 803	97 917	57 1369	25 340	43 423	100 785	48 888	35								
392	83 493	10 805	54 918	131	341	67 424	102 787	80 893	35								
393	44 497	36 808	57 921	60	343	79 425	49 791	44 895	85								
395	69 502	67 810	38 922	79	345	107 426	75 792	61 896	66								

250

Глава третья

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2						
ПК29	ПК29	ПК29	ПК29	ПК29	ПК29	ПК29	ПК29	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30	ПК30						
1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-271	1-50	51-100	101-150	151-200	1-50	51-100	101-150	151-200	1-50	51-100	101-150	151-200						
7 16	102	48 205	50 284	36 411	59 529	56	4	56 108	49 184	64 256	97	19 16	103	60 207	76 285	53 413	40 538	50	7	83 110	98 185	47 257	60
22 5	105	74 209	42 286	67 414	80 540	29	10	92 112	51 186	95 258	81	40 14	106	64 210	3 287	107 418	53 541	13	12	53 113	90 187	78 259	48
41 50	107	33 211	2 288	119 419	17 545	39	13	66 115	74 188	62 261	69	42 16	108	72 212	60 289	50 425	47 548	34	15	65 116	49 189	51 262	59
43 50	111	42 213	137 290	94 426	35 551	72	16	55 120	78 190	64 263	44	44 117	112	66 214	50 291	88 428	49 554	89	17	105 121	40 191	32 264	30
45 57	113	49 215	62 295	32 433	45 559	111	18	48 122	54 192	65 265	14	46 73	114	106 216	4 296	22 434	50 560	110	20	48 123	67 197	111 266	69
47 95	115	58 219	125 298	106 437	86 578	52	21	84 124	57 198	85 267	55	49 9	116	38 220	69 300	33 438	46 588	51	22	12 125	73 199	69 269	55
51 31	117	121 221	86 302	67 440	63 592	72	23	69 126	73 200	65 272	55	52 89	118	47 222	99 303	78 442	119 594	134	24	48 128	65 201	119 273	101
53 50	120	74 225	53 304	42 444	116 599	21	25	43 130	59 202	58 275	56	54 65	121	78 226	63 305	31 445	61 602	101	27	59 132	68 204	69 277	52
55 95	122	49 227	124 306	81 447	69 607	36	28	56 133	100 205	49 278	68	56 0	123	114 228	58 307	54 448	90 609	20	30	122 134	52 206	66 279	63
57 60	124	102 229	57 309	52 451	64 625	61	31	42 135	61 207	62 280	61	57 62	125	55 230	58 312	77 458	64 648	34	32	42 136	117 211	77 283	97
59 74	127	100 232	54 318	12 461	50 660	52	35	61 139	34 212	44 284	38	61 82	131	95 234	4 321	51 462	40		36	45 142	59 213	41 285	55
62 62	132	70 235	47 323	116 464	70		40	66 143	69 214	76 286	107	64 96	134	72 237	45 324	93 465	68		40	66 143	69 214	76 286	107
65 71	136	87 241	125 333	70 467	60		41	67 144	78 216	101 288	61	66 52	137	109 246	76 334	118 469	59		41	67 144	78 216	101 288	61
67 59	139	48 248	45 335	61 471	108		43	62 146	60 217	97 290	81	66 52	137	109 246	76 334	118 469	59		43	62 146	60 217	97 290	81
70 38	140	46 249	70 337	63 472	66		47	74 147	65 218	84 291	94	67 59	139	48 248	45 335	61 471	108		47	74 147	65 218	84 291	94
72 119	141	34 251	9 338	75 473	136		49	54 148	48 219	77 292	46	70 38	140	46 249	70 337	63 472	66		49	54 148	48 219	77 292	46
74 89	145	48 253	97 339	26 474	98		51	106 150	74 220	58 293	86	72 119	141	34 251	9 338	75 473	136		51	106 150	74 220	58 293	86
77 66	146	46 254	92 340	41 475	70		52	84 151	67 221	80 294	68	74 89	145	48 253	97 339	26 474	98		52	84 151	67 221	80 294	68
79 54	147	123 257	74 341	85 476	57		53	71 152	57 225	63 295	79	77 66	146	46 254	92 340	41 475	70		53	71 152	57 225	63 295	79
80 53	148	68 258	48 342	68 481	32		54	80 153	94 226	84 296	75	79 54	147	123 257	74 341	85 476	57		54	80 153	94 226	84 296	75
81 84	154	17 259	51 345	166 482	30		59	113 154	68 227	69 297	67	80 53	148	68 258	48 342	68 481	32		59	113 154	68 227	69 297	67
83 56	157	35 260	22 358	64 483	49		60	65 155	59 228	56 298	72	81 84	154	17 259	51 345	166 482	30		60	65 155	59 228	56 298	72
84 52	159	6 262	94 367	60 485	109		61	96 156	59 229	52 299	57	83 56	157	35 260	22 358	64 483	49		61	96 156	59 229	52 299	57
85 29	163	92 264	90 376	83 486	127		65	96 157	49 234	70 301	82	84 52	159	6 262	94 367	60 485	109		65	96 157	49 234	70 301	82
86 89	167	69 265	87 389	76 487	38		67	104 158	52 236	27 302	45	85 29	163	92 264	90 376	83 486	127		67	104 158	52 236	27 302	45
87 60	172	36 267	67 390	104 492	102		69	57 159	71 238	54 303	60	86 89	167	69 265	87 389	76 487	38		69	57 159	71 238	54 303	60
88 74	177	57 268	131 392	49 493	90		70	60 161	68 239	119 304	96	87 60	172	36 267	67 390	104 492	102		70	60 161	68 239	119 304	96
90 39	179	81 269	35 394	11 495	60		79	67 162	56 241	99 306	44	88 74	177	57 268	131 392	49 493	90		79	67 162	56 241	99 306	44
91 84	181	60 270	70 395	6 497	91		83	67 165	79 243	59 307	63	90 39	179	81 269	35 394	11 495	60		83	67 165	79 243	59 307	63
92 67	184	86 271	48 397	36 498	124		87	117 166	68 244	66 309	39	91 84	181	60 270	70 395	6 497	91		87	117 166	68 244	66 309	39
94 91	194	56 272	138 398	68 504	57		88	53 167	67 245	84 310	91	92 67	184	86 271	48 397	36 498	124		88	53 167	67 245	84 310	91
95 60	196	104 273	16 403	9 506	63		90	56 168	46 246	50 312	59	94 91	194	56 272	138 398	68 504	57		90	56 168	46 246	50 312	59
96 64	197	55 274	95 404	132 510	58		96	73 170	68 247	48 315	48	95 60	196	104 273	16 403	9 506	63		96	73 170	68 247	48 315	48
97 63	198	63 275	145 405	98 516	42		98	17 171	53 248	64 316	74	96 64	197	55 274	95 404	132 510	58		98	17 171	53 248	64 316	74
98 40	200	67 276	108 407	58 520	46		99	60 173	86 249	68 317	65	97 63	198	63 275	145 405	98 516	42		99	60 173	86 249	68 317	65
100 58	201	79 280	9 409	123 523	93		101	18 174	65 250	59 318	109	98 40	200	67 276	108 407	58 520	46		101	18 174	65 250	59 318	109
101 122	204	39 281	48 410	75 528	71		102	73 179	68 252	71 319	87	100 58	201	79 280	9 409	123 523	93		102	73 179	68 252	71 319	87
							106	72 180	74 253	58 321	100								106	72 180	74 253	58 321	100
							107	81 181	82 254	82 322	60								107	81 181	82 254	82 322	60

Каталог показателей цвета

251

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК30	ПК30	ПК30	ПК31	ПК31	ПК31	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32	ПК32
201-250	251-300	301-337	1-50	51-100	101-143	1-50	51-100	101-150	151-191	1-50	51-100	101-150	151-191	1-50	51-100	101-150	151-191
323	50 392	47 469	42 142	64 349	72 512	89 47	11 158	80 355	48 539	41							
324	59 393	53 478	39 145	103 350	34 518	56 55	98 160	53 356	50 540	56							
325	75 394	54 492	50 149	133 355	59 521	99 63	8 161	79 358	83 543	64							
326	48 395	74 495	81 151	85 357	34 523	52 66	66 162	91 359	79 552	45							
330	61 397	86 496	66 154	52 359	52 568	61 67	73 163	76 360	51 558	36							
331	83 399	52 497	42 162	69 361	52 570	56 71	87 164	112 361	57 560	100							
332	95 400	37 503	69 172	64 362	67 571	72 72	95 166	142 364	122 566	70							
333	22 401	67 504	98 185	71 363	34 575	74 73	70 169	89 365	93 570	84							
334	73 403	88 505	86 194	84 370	56 576	68 74	24 170	67 368	42 576	37							
338	20 404	111 514	105 195	114 371	53 587	62 75	68 172	62 369	111 578	64							
339	69 406	71 516	39 197	112 381	78 594	88 77	99 173	76 370	52 583	46							
340	83 407	71 517	75 200	76 386	73 595	71 79	64 174	119 372	53 588	48							
341	53 408	64 518	108 201	60 388	44 596	112 80	64 176	77 375	116 590	115							
343	51 409	104 519	2 204	49 390	36 601	37 81	120 178	74 377	70 592	96							
344	110 410	67 522	81 206	82 391	60 605	72 83	110 179	89 378	66 599	41							
345	77 412	68 527	63 208	53 394	87 606	75 84	124 180	89 385	124 601	71							
346	31 413	70 530	130 212	10 406	55 619	132 86	75 181	51 386	59 602	64							
347	26 414	83 533	111 214	64 407	71 621	63 88	111 188	96 388	70 603	54							
348	68 415	57 537	62 223	97 408	41 623	71 89	51 191	42 389	34 608	66							
349	64 417	85 540	33 225	100 411	54 626	86 92	59 192	58 390	106 609	49							
350	99 418	69 542	29 226	52 412	49 632	77 94	67 193	57 391	47 611	48							
351	78 419	61 544	29 227	117 415	51 634	96 95	95 197	109 392	84 614	168							
355	66 422	63 545	22 230	53 426	114 637	108 98	56 198	94 395	55 616	69							
356	162 424	60 552	82 232	34 441	46 639	83 103	73 204	55 397	64 617	105							
357	8 425	63 558	52 234	82 442	86 644	130 105	79 206	110 398	54 620	59							
359	81 426	68 559	25 240	74 444	119 650	96 107	113 208	80 399	127 621	69							
360	50 427	69 562	22 243	62 445	54 651	91 108	44 218	14 402	46 623	67							
361	47 430	67 582	47 252	86 447	36 665	112 109	89 252	7 405	79 624	53							
363	71 431	60 583	58 255	118 448	114 667	119 112	104 253	13 406	142 626	86							
364	32 432	98 586	56 257	135 452	44 668	140 116	2 9281	18 409	45 627	86							
365	62 433	50 589	78 260	35 454	12 675	76 120	110 294	53 410	39 630	79							
366	58 434	68 591	50 263	130 455	67 686	109 121	56 302	67 411	75 631	100							
367	57 435	63 593	51 268	102 456	12 693	150 122	114 307	52 412	62 635	108							
371	65 436	72 594	61 269	43 458	54 699	32 123	49 310	75 413	50 642	64							
372	61 437	76 600	54 270	58 460	134 719	63 124	56 314	44 415	62 658	61							
373	70 439	57 604	41 276	39 463	64 732	87 125	84 317	116 416	68 664	54							
375	140 441	52 606	3 277	122 466	59 733	47 126	68 319	134 418	52 666	45							
376	57 442	47	278	126 472	38 748	78 127	98 321	43 421	74 667	64							
378	120 443	35	280	58 479	118 761	129 129	97 322	67 426	125 739	23							
379	87 444	102	328	90 482	55 785	10 130	63 326	53 427	61 749	17							
380	33 445	70	329	65 485	121 790	28 132	74 329	37 428	102 828	14							
381	50 446	54	331	12 487	36 798	30 134	91 331	149 431	82								
382	81 447	2	333	31 488	52 885	16 139	109 334	57 432	67								
383	60 448	64	337	78 490	56	141	84 336	89 435	113								
384	46 449	118	338	64 494	124	143	56 337	75 439	53								
385	58 450	52	340	48 500	86	144	66 340	36 440	87								
386	61 451	43	342	62 504	56	151	72 341	124 441	64								
387	52 452	23	343	92 507	75	152	55 345	122 498	31								
389	73 454	67	347	45 509	40	153	56 352	55 519	19								
390	1 455	46	348	73 511	63	154	85 354	78 535	69								

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК33		ПК33		ПК33		ПК33		ПК33		ПК34		ПК34		ПК34		ПК34	
1-50		51-100		101-150		151-200		201-205		1-50		51-100		101-150		151-200	
24	99	191	105	315	120	397	84	586	118	5	44	214	38	338	100	437	60
36	55	192	24	316	55	398	159	593	99	10	7	222	55	342	68	443	132
41	99	193	36	317	63	402	98	597	60	44	79	224	82	343	108	446	61
45	117	194	75	318	67	403	64	600	56	48	2	226	56	347	71	447	78
59	65	195	49	320	61	406	109	626	81	49	123	227	56	352	58	465	34
63	51	197	63	323	61	407	97			56	41	230	89	354	91	495	93
64	38	198	57	324	68	410	162			57	83	232	48	355	128	496	51
78	34	201	72	325	86	414	58			64	66	233	85	356	53	499	80
86	21	202	57	328	73	415	68			65	86	236	14	359	55	501	21
95	32	204	76	331	11	416	63			69	74	237	126	361	13	503	46
105	46	206	50	333	64	418	43			70	58	238	79	362	54	505	79
120	70	207	89	335	94	420	74			71	61	239	28	364	62	508	83
122	23	208	59	336	91	421	114			73	86	242	70	366	51	509	34
123	53	210	25	340	58	422	75			74	60	247	87	367	65	512	92
124	112	211	128	341	55	424	52			76	75	250	148	368	43	514	54
125	111	214	129	342	18	425	76			77	60	251	68	369	84	515	27
126	56	219	110	344	63	426	55			78	55	252	70	371	58	520	54
131	34	220	98	345	50	427	74			81	54	254	58	372	62	521	57
132	60	221	55	346	63	429	57			82	61	255	118	376	97	523	4
135	66	223	72	347	57	430	49			84	122	257	119	377	79	528	101
136	60	224	77	348	65	435	110			86	104	258	60	378	86	541	56
138	59	225	64	350	48	436	51			88	78	260	71	379	31	542	70
139	52	228	73	351	152	438	60			92	58	264	119	382	67	543	64
140	107	229	112	352	74	440	42			97	63	265	37	384	58	544	65
142	53	230	55	353	58	442	54			101	53	266	52	386	66	545	80
144	88	232	106	359	64	444	68			102	86	271	73	388	129	546	52
145	71	235	61	360	122	447	98			108	60	272	85	392	122	557	84
146	78	236	6	361	56	448	62			109	107	274	61	394	117	565	48
149	75	237	38	364	77	449	7			111	7	275	65	395	75	568	98
150	52	240	77	365	85	451	67			114	100	277	71	400	46	571	51
152	58	243	48	368	51	453	75			116	70	282	72	402	84	574	52
153	57	244	59	369	83	455	71			121	16	283	84	403	50	575	67
154	62	245	57	370	123	493	21			127	49	284	65	404	51	576	77
158	74	247	59	373	89	511	60			129	7	287	61	405	108	577	113
159	120	249	81	376	114	515	76			130	58	288	86	408	96	583	106
160	62	250	64	378	51	524	63			131	62	291	106	410	135	584	117
161	50	251	64	379	92	530	74			132	148	293	53	412	41	593	19
164	62	255	82	380	35	536	83			133	10	294	58	413	52	614	99
165	55	262	73	381	67	537	42			134	55	296	92	414	90	617	53
166	60	274	21	382	51	541	80			137	61	299	64	415	65	623	65
167	68	299	59	383	29	546	62			139	70	302	76	419	82	637	42
168	89	301	79	385	68	548	86			142	99	304	73	420	80	638	49
170	54	302	90	386	52	550	67			145	58	305	67	421	57	639	67
176	62	303	112	387	67	552	46			148	116	311	64	422	134	641	46
180	77	305	53	388	68	556	26			150	60	314	48	423	54	644	85
182	89	307	64	389	77	559	10			154	67	324	58	429	128	655	141
184	117	308	57	390	109	567	70			156	117	327	66	430	42	661	58
186	72	312	52	391	119	576	111			157	96	328	65	431	71	662	26
189	128	313	52	392	56	583	35			158	127	333	71	434	39	663	74
190	105	314	57	394	52	585	16			194	33	334	32	436	124	676	70

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 36		ПК 36		ПК 36		ПК 36	
1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-299		1-50		51-100		101-150		151-200	
13	65 225	133	411	151	507	70	695	67	784	89	11	73	207	67	286	70	503	69	
16	50 228	46	413	115	508	70	696	106	788	114	14	81	208	129	287	60	504	99	
17	62 229	11	415	49	509	112	698	59	789	80	20	119	211	70	288	53	505	26	
22	61 232	39	420	176	511	108	699	87	790	92	22	53	213	45	289	92	506	53	
40	48 233	100	421	85	560	54	700	65	792	122	25	53	215	66	290	56	508	53	
60	84 238	127	423	54	561	74	701	73	793	48	34	139	216	86	292	63	509	32	
70	64 305	24	424	60	563	71	706	82	794	88	35	69	217	120	293	77	512	44	
71	63 333	158	427	57	570	96	709	73	798	65	36	55	220	31	294	63	515	103	
74	74 334	36	432	87	577	60	711	43	802	17	37	112	221	67	296	103	517	55	
77	64 337	51	433	52	587	87	715	86	806	125	38	88	222	72	297	28	518	51	
86	89 240	136	434	100	594	34	716	95	807	110	39	50	223	143	298	56	519	82	
93	58 342	112	435	67	596	111	717	130	809	133	42	97	225	104	300	20	525	64	
102	80 345	130	436	125	600	66	718	6	810	119	43	81	226	117	301	59	526	105	
115	54 347	48	437	59	603	58	719	85	811	94	46	89	228	130	303	56	528	56	
118	58 349	93	438	119	604	133	720	70	814	86	51	67	229	79	304	59	530	149	
132	108 350	89	443	77	610	95	722	63	816	115	53	68	231	63	305	29	531	51	
135	74 351	34	447	103	613	75	723	114	817	63	58	74	232	69	307	71	532	72	
140	103 353	55	449	77	615	58	724	77	819	144	60	47	233	61	308	78	533	97	
141	134 354	56	454	59	622	55	725	88	822	48	64	70	234	94	312	53	534	59	
144	92 357	3	455	93	626	106	726	94	823	87	65	68	236	39	319	80	536	106	
145	67 362	44	456	5	628	109	729	67	824	64	67	60	238	66	322	106	537	84	
147	118 363	97	457	100	629	62	731	124	825	74	76	79	239	80	324	52	540	84	
153	86 364	123	458	137	630	63	733	60	826	110	82	57	241	64	325	71	541	73	
154	90 365	128	463	104	632	58	735	68	827	106	91	56	242	77	333	93	542	73	
156	55 366	70	464	118	635	108	736	102	828	81	93	65	243	96	339	138	543	117	
157	93 367	53	466	88	636	106	737	122	829	119	166	69	244	54	340	52	544	43	
159	87 369	40	468	38	637	134	738	52	830	76	167	75	245	73	350	96	545	35	
161	78 370	92	469	82	639	48	744	113	831	43	169	116	246	100	357	110	548	120	
163	85 372	119	470	72	640	24	746	83	832	65	170	128	248	132	360	80	549	115	
164	79 373	37	475	99	645	68	747	95	834	93	171	35	249	86	361	72	552	44	
165	85 374	53	476	71	652	18	748	157	838	103	172	63	250	43	362	72	554	60	
166	57 375	69	477	59	653	88	749	130	839	16	174	33	251	69	363	78	555	136	
167	121 376	60	479	66	654	39	750	89	850	129	175	60	255	119	365	70	558	38	
169	117 377	42	481	144	658	47	752	102	852	47	176	63	256	28	366	113	559	89	
170	50 378	31	483	71	662	48	753	126	951	2	177	61	257	90	367	106	562	87	
172	53 383	151	484	74	665	82	754	83	983	9	178	76	258	46	372	23	563	52	
176	140 384	108	485	84	669	99	756	95	995	68	179	84	259	107	375	102	564	70	
185	73 385	188	487	110	670	100	757	102	1007	89	180	129	260	59	381	71	565	135	
186	117 387	75	488	72	673	106	760	61	1014	76	181	128	262	39	385	52	570	71	
187	123 389	67	489	87	674	113	762	102	1018	134	185	67	263	92	387	39	572	49	
196	67 391	51	491	63	675	109	769	93	1023	94	186	76	265	91	388	88	573	42	
200	83 393	76	493	88	676	62	771	93	1025	123	187	90	266	149	391	74	584	56	
203	75 394	180	494	114	678	126	772	76	1038	139	188	27	267	63	393	24	588	50	
205	87 397	76	496	110	679	103	775	94	1047	65	190	32	268	83	396	31	590	97	
207	88 400	69	497	94	682	60	776	48	1066	128	191	76	275	84	397	15	594	33	
208	82 402	67	498	135	685	95	777	89	1067	95	192	69	277	45	399	62	595	76	
211	72 403	82	499	130	686	28	778	80	1068	63	195	92	278	118	401	76	598	72	
218	92 405	76	501	147	689	102	780	58	1070	62	196	64	280	73	405	5	600	89	
222	63 406	96	503	57	690	59	781	44	1081	83	198	126	281	48	406	8	602	97	
223	56 408	83	506	129	693	36	783	49			206	81	283	94	407	74	603	92	

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
ПК36		ПК36		ПК36		ПК37		ПК37		ПК37		ПК37		ПК37		ПК38		
201-250		251-300		301-314		1-50		51-100		101-150		151-200		201-228		1-50		
607	55	714	44	1039	44	15	57	126	56	325	88	432	54	746	25	14	24	
610	75	718	108	1048	109	19	61	127	45	326	64	433	66	750	91	27	6	
611	71	719	63	1049	74	20	110	130	27	330	79	435	8	752	74	60	20	
612	59	727	55	1050	92	24	93	133	68	331	98	438	105	753	64	61	27	
613	45	728	60	1073	41	25	103	135	41	334	54	439	99	755	112	83	34	
615	50	732	44	1079	103	29	115	140	42	335	116	494	25	756	87	107	40	
616	96	744	32	1083	26	32	46	141	85	337	61	511	9	757	64	126	2	
617	46	747	120	1085	63	36	70	142	102	338	98	529	30	758	52	145	26	
618	99	756	72	1087	41	37	28	143	64	340	121	531	2	760	57	160	26	
626	91	765	33	1088	20	38	113	144	71	341	56	586	37	761	86	177	22	
628	59	766	66	1090	45	39	48	145	26	342	55	617	13	767	62	220	33	
630	131	768	54	1095	59	41	141	146	64	343	21	633	32	768	101	227	47	
631	89	782	13	1104	108	44	52	148	53	345	73	639	44	769	59	231	30	
632	106	794	14	1121	42	49	79	151	51	346	23	660	44	771	93	320	33	
633	3	838	1			52	39	156	61	347	94	662	134	772	69	335	16	
634	114	848	8			53	10	157	135	351	58	663	72	834	16	375	34	
636	58	897	16			56	74	159	56	352	62	664	67	868	2	385	7	
637	73	903	95			58	72	161	71	354	56	666	27	870	13	394	20	
638	114	909	75			65	116	162	105	355	47	673	69	895	29	396	14	
640	55	910	60			66	133	178	72	364	54	674	109	985	98	400	31	
642	47	912	63			67	41	240	5	365	77	675	56	986	48	417	9	
643	63	915	109			68	46	263	13	366	40	677	66	996	106	419	9	
644	110	917	49			70	62	272	89	368	71	680	69	1010	23	455	26	
645	20	920	46			72	59	273	112	371	77	690	162	1036	10	456	29	
646	59	931	110			74	129	274	15	373	130	691	58	1097	20	468	17	
648	64	932	86			75	62	275	170	376	56	692	61	1100	47	474	25	
650	119	939	30			76	46	281	176	377	137	701	73	1108	16	476	20	
651	104	945	1			82	116	285	55	378	109	703	92	1138	70	480	22	
654	71	954	13			83	64	286	5	382	81	704	31		481	4	641	75
657	48	957	31			85	67	287	75	385	52	705	94		486	33	643	44
658	91	965	47			87	60	288	25	388	50	706	46		507	18	644	64
659	127	973	53			88	125	289	171	389	68	707	128		514	28	645	67
661	109	975	60			97	58	290	80	390	61	708	65		519	23	646	77
664	95	985	35			98	67	291	13	393	59	709	110		543	16	647	71
666	88	991	51			101	57	292	80	396	102	710	152		546	26	648	87
667	69	992	69			102	65	293	116	398	46	712	92		551	4	649	82
668	105	998	83			106	51	294	59	403	60	713	75		561	52	653	67
669	34	1004	46			108	60	296	76	404	148	715	60		563	52	658	78
677	96	1005	31			110	61	297	37	406	100	716	79		564	64	659	118
678	63	1006	131			111	56	302	45	407	145	717	52		566	52	660	59
683	39	1008	60			112	101	303	18	408	75	720	53		567	61	662	32
685	71	1011	37			113	101	305	48	409	66	721	16		568	131	666	64
687	105	1013	8			114	52	311	69	411	45	725	68		570	45	668	88
688	46	1017	31			115	63	313	69	412	103	726	122		571	117	669	103
690	63	1020	42			119	5	314	28	417	48	728	83		572	53	672	104
694	72	1024	39			120	73	317	73	418	67	730	103		573	29	673	79
696	62	1026	50			121	103	318	36	420	64	731	85		576	57	674	87
697	73	1027	48			122	59	320	74	424	74	734	61		577	90	675	42
703	44	1030	109			123	41	321	38	427	55	741	27		578	54	677	91
713	77	1036	95			124	47	324	58	430	59	742	69		580	58	681	50

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК38	ПК38	ПК38	ПК38	ПК38	ПК38	ПК38	ПК38	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39	ПК39
101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-352	1-50	51-100	101-150	151-200	101-150	151-200	101-150	151-200	101-150	151-200	101-150	151-200
682	61 765	67 916	85 1295	153 1398	105 2262	10 38	69 657	28 1025	125 1143	140							
683	17 768	75 942	10 1296	102 1401	112 2377	4 51	46 661	61 1028	37 1144	57							
687	64 769	34 951	19 1298	57 1402	102 8	58 43	678	18 1030	80 1148	68							
688	62 770	102 1012	14 1299	56 1404	8	63 42	684	30 1031	55 1149	22							
691	79 772	76 1014	18 1300	117 1405	118	75 41	730	21 1033	78 1150	45							
692	68 774	110 1028	14 1302	118 1406	107	79 14	746	35 1034	102 1151	10							
693	108 775	78 1032	60 1303	47 1413	140	85 52	750	30 1037	67 1157	66							
696	115 776	49 1037	14 1305	33 1416	61	87 72	754	32 1038	149 1158	172							
697	65 778	84 1101	25 1307	49 1418	40	90 66	762	18 1039	56 1165	171							
698	90 779	99 1129	13 1308	136 1419	61	95 53	766	26 1041	56 1168	147							
699	93 781	113 1140	12 1310	68 1424	39	101 44	769	54 1043	104 1170	65							
700	17 782	59 1141	40 1312	98 1435	49	104 45	803	26 1047	81 1172	15							
701	97 783	57 1142	36 1314	23 1443	67	115 22	868	28 1048	65 1173	6							
702	110 785	34 1162	19 1315	54 1460	14	118 36	897	6 1049	39 1177	76							
705	23 787	103 1231	93 1317	103 1474	25	122 62	908	26 1051	2 1179	82							
706	56 788	16 1234	79 1318	70 1484	30	123 50	911	51 1056	69 1182	32							
707	93 791	80 1236	48 1320	21 1496	20	125 51	925	24 1057	90 1184	22							
710	85 792	58 1237	105 1323	89 1520	30	131 62	928	95 1059	65 1186	15							
714	106 793	110 1238	69 1324	138 1559	36	137 45	933	90 1064	102 1189	63							
715	99 794	95 1240	53 1328	118 1591	21	182 59	934	45 1066	10 1190	43							
717	54 800	116 1241	116 1335	124 1619	27	191 32	939	66 1067	55 1192	18							
720	54 802	107 1242	61 1338	44 1632	9	195 51	943	53 1073	158 1195	34							
722	74 805	35 1243	24 1340	70 1643	21	209 64	944	67 1074	34 1197	119							
723	31 808	87 1244	105 1341	96 1699	16	241 31	945	24 1076	42 1198	114							
724	97 812	94 1245	124 1343	45 1706	11	242 47	946	49 1077	80 1201	139							
725	166 817	56 1246	51 1344	12 1730	19	244 27	948	34 1082	162 1204	107							
726	149 818	101 1247	28 1346	57 1734	3	263 24	956	61 1085	51 1206	30							
728	92 830	59 1250	42 1347	82 1757	22	265 54	964	50 1086	148 1207	169							
730	110 831	118 1251	75 1348	61 1781	37	274 60	965	112 1088	42 1209	41							
731	57 834	99 1252	115 1351	92 1850	25	288 36	967	82 1091	4 1213	152							
733	43 835	136 1255	68 1353	79 1853	34	299 69	969	48 1092	53 1214	69							
735	51 836	85 1256	38 1355	35 1879	22	336 43	970	86 1095	16 1215	60							
736	100 838	59 1259	60 1356	59 1884	12	342 31	971	110 1097	28 1220	73							
738	61 839	7 1260	77 1357	101 1886	13	370 71	972	123 1099	122 1222	9							
739	85 841	55 1261	56 1359	49 1889	33	407 38	973	160 1105	87 1223	82							
740	40 848	69 1262	78 1360	114 1913	26	467 54	974	81 1109	76 1224	125							
741	56 849	115 1266	46 1366	61 1927	28	489 18	976	8 1115	44 1225	49							
742	90 851	64 1268	59 1367	59 1970	2	499 32	981	215 1116	23 1226	145							
743	104 853	94 1270	110 1372	73 1976	4	505 74	988	53 1117	65 1233	134							
745	86 858	49 1277	74 1376	49 1982	50	517 35	993	55 1120	69 1234	80							
747	126 860	59 1279	47 1377	101 1996	18	526 58	995	100 1121	64 1240	65							
748	57 867	80 1280	59 1379	76 2023	9	531 33	998	176 1124	127 1241	57							
749	131 873	54 1281	69 1380	23 2028	32	551 37	1002	40 1125	37 1246	70							
752	47 874	54 1282	94 1382	45 2099	40	553 58	1005	60 1129	63 1247	80							
756	58 875	52 1283	59 1384	74 2114	11	626 54	1007	70 1130	39 1250	50							
759	44 899	120 1285	113 1385	14 2132	17	627 31	1011	106 1132	106 1253	40							
760	70 902	118 1288	119 1386	135 2184	16	636 42	1014	128 1134	76 1259	53							
761	54 910	95 1291	105 1390	66 2191	22	639 54	1016	75 1135	74 1262	123							
762	100 911	88 1293	45 1391	125 2193	16	646 75	1021	33 1139	212 1264	154							
763	33 914	61 1294	18 1397	56 2203	3	650 54	1022	64 1142	21 1266	127							

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК39		ПК39		ПК39		ПК39		ПК39		ПК40		ПК40		ПК40		ПК40	
201-250		251-300		301-350		351-400		401-404		1-50		51-100		101-150		151-200	
201-250		251-300		301-350		351-400		401-404		1-50		51-100		101-150		151-200	
1267	50 1392	211 1896	29 2096	85 2356	6 563	33 696	46 784	84 889	106 1650	37							
1269	137 1398	32 1913	31 2099	74 2357	29 564	44 697	17 785	82 895	83 1653	14							
1271	51 1399	48 1921	35 2101	62 2362	22 569	4 698	64 787	74 898	84 1659	3							
1273	65 1401	72 1922	33 2102	73 2434	33 574	73 699	57 789	134 901	77 1666	133							
1274	30 1402	139 1923	97 2103	39	575	88 700	54 790	48 902	64 1668	43							
1275	36 1407	27 1925	67 2105	59	577	65 703	72 793	56 904	84 1671	54							
1276	39 1412	51 1927	80 2106	33	582	61 704	76 805	42 906	84 1672	184							
1280	48 1435	28 1929	49 2109	209	583	86 705	19 807	66 907	43 1677	41							
1282	125 1436	33 1940	57 2111	140	585	114 707	72 808	63 909	32 1678	33							
1285	74 1450	70 1941	217 2121	64	587	176 708	104 809	59 911	57 1681	108							
1286	129 1456	38 1943	54 2125	12	591	53 711	69 810	72 912	35 1682	129							
1287	66 1471	25 1949	134 2127	160	592	32 717	24 811	48 914	69 1684	102							
1288	89 1474	30 1950	120 2141	130	593	58 719	56 812	115 915	123 1689	138							
1293	65 1484	36 1951	112 2144	22	594	62 720	54 816	17 919	59 1691	40							
1294	153 1503	37 1952	73 2148	27	596	108 721	77 819	57 926	70 1697	78							
1295	86 1507	58 1954	84 2149	28	598	76 722	132 823	133 930	18 1699	17							
1296	124 1510	38 1955	2 2151	51	600	83 726	29 825	33 932	112 1700	30							
1297	13 1515	32 1956	29 2165	95	604	42 728	56 827	54 936	16 1705	176							
1301	99 1527	48 1957	68 2166	146	607	58 729	22 829	110 945	60 1708	82							
1306	75 1535	11 1959	3 2168	122	611	160 730	67 830	91 946	98 1720	57							
1307	167 1547	8 1964	138 2171	58	614	48 731	158 831	59 947	77 1722	26							
1308	26 1578	49 1965	112 2172	73	616	83 732	73 833	52 948	37 1725	30							
1309	57 1582	37 1966	37 2178	63	618	84 733	81 834	113 950	61 1738	58							
1313	55 1643	19 1967	51 2190	74	621	10 737	41 835	148 951	15 1744	114							
1316	40 1739	46 1969	66 2197	25	630	84 738	42 837	89 952	80 1751	16							
1318	39 1774	27 1972	129 2198	14	635	9 739	69 839	136 955	97 1754	110							
1326	24 1785	87 1974	65 2200	59	646	60 740	69 840	61 957	89 1755	121							
1327	41 1804	51 1976	67 2205	92	647	59 741	52 843	63 961	70 1759	11							
1328	60 1807	121 1977	36 2219	33	650	28 742	75 844	56 962	80 1766	67							
1329	60 1813	121 1978	138 2221	245	652	51 743	44 845	25 963	55 1774	150							
1332	52 1822	80 1985	109 2222	116	656	57 744	60 847	30 970	42 1776	55							
1337	40 1824	37 1987	69 2223	51	657	29 745	37 848	64 972	63 1779	27							
1341	58 1826	100 1989	48 2225	74	658	55 748	4 850	92 976	54 1781	58							
1344	50 1839	63 2010	39 2234	53	660	23 749	39 851	88 977	48 1784	68							
1345	28 1841	48 2020	140 2240	5	662	158 750	66 852	113 980	77 1786	33							
1350	57 1843	38 2027	37 2242	23	663	77 751	124 854	72 981	59 1791	65							
1351	78 1844	45 2029	48 2250	32	665	163 752	77 855	56 1622	50 1797	21							
1353	50 1854	69 2038	45 2254	85	666	44 758	42 856	55 1625	87 1800	60							
1354	42 1855	157 2040	86 2256	56	674	106 763	117 859	55 1626	119 1801	41							
1358	57 1857	51 2041	59 2259	3	677	72 764	63 865	52 1628	127 1802	44							
1362	40 1864	24 2047	141 2263	120	679	78 766	15 866	8 1631	14 1805	54							
1364	52 1868	6 2050	132 2265	52	681	57 768	98 867	85 1632	44 1808	14							
1366	39 1871	1 2051	67 2274	29	682	154 769	104 868	37 1633	44 1810	51							
1370	85 1874	153 2055	119 2277	149	683	123 770	74 870	113 1636	49 1813	66							
1371	59 1878	133 2064	60 2298	64	684	22 772	56 871	59 1637	43 1814	35							
1374	31 1883	36 2066	74 2304	62	685	8 773	77 877	38 1640	40 1827	75							
1375	86 1885	35 2074	80 2324	7	687	70 774	87 881	171 1643	69 1828	58							
1384	143 1888	146 2075	73 2325	63	689	70 775	52 883	55 1645	46 1830	45							
1386	66 1891	64 2082	140 2338	40	693	63 780	82 884	66 1647	11 1834	61							
1390	64 1894	10 2095	63 2344	12	695	120 782	20 888	122 1649	54 1835	48							

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
ПК40	ПК40	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	
251-300	301-335	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400									
1839	49 1982	31	2	73	217	49	478	10	701	44	834	64	981	108	1118	25	1419	33
1841	122 1986	60	3	60	228	55	483	4	703	2	836	152	987	86	1120	72	1426	10
1847	49 1987	77	16	60	233	49	484	35	708	68	839	32	988	47	1126	92	1427	21
1851	82 1992	48	17	67	236	38	486	42	714	74	840	59	999	49	1128	109	1439	67
1854	65 1995	81	18	1	239	55	488	52	715	42	845	8	1003	7	1132	33	1448	51
1859	38 2004	18	19	40	243	66	491	8	716	47	847	39	1006	110	1135	37	1449	28
1865	67 2007	52	21	43	244	41	492	50	719	183	853	137	1010	73	1150	33	1459	8
1866	64 2016	42	23	45	246	10	499	35	720	49	859	81	1011	142	1155	7	1475	38
1869	87 2021	65	24	33	252	38	502	50	725	190	864	103	1012	37	1161	58	1476	47
1881	80 2027	54	35	18	258	63	504	47	728	83	866	70	1015	103	1162	63	1497	17
1883	47 2039	61	39	12	259	42	507	29	731	41	872	56	1018	164	1170	52	1499	16
1885	35 2041	31	43	14	278	25	511	34	732	56	876	80	1019	149	1188	46	1505	12
1886	78 2051	86	45	37	279	52	512	12	733	153	877	63	1020	245	1189	59	1506	37
1888	30 2069	58	50	49	281	37	520	16	734	56	879	35	1024	22	1190	67	1531	43
1889	89 2071	43	57	49	282	61	521	48	736	24	881	41	1026	52	1203	40	1541	43
1892	60 2072	61	65	49	298	39	525	15	737	59	883	52	1028	80	1204	53	1548	6
1893	45 2074	26	73	60	306	55	534	32	739	191	889	38	1030	55	1212	42	1558	29
1896	100 2078	56	75	25	307	70	535	19	742	111	892	29	1034	165	1221	26	1559	38
1897	113 2081	58	76	17	311	107	544	26	743	52	893	29	1036	94	1223	54	1560	35
1898	87 2084	70	80	13	313	7	546	29	744	87	896	53	1041	89	1229	57	1562	21
1899	77 2087	52	82	35	315	48	555	21	749	93	898	28	1042	80	1246	36	1578	18
1900	72 2093	65	90	38	316	42	556	33	753	40	902	142	1043	98	1249	56	1584	31
1903	36 2094	30	95	31	317	18	557	38	754	71	904	28	1044	146	1251	68	1595	3
1905	69 2107	19	96	31	322	27	573	43	755	61	906	57	1045	30	1255	8	1619	62
1910	46 2109	24	103	24	338	39	589	17	756	71	910	78	1046	34	1268	24	1626	21
1911	122 2110	36	105	24	348	36	590	8	759	142	911	42	1049	40	1274	10	1635	5
1912	63 2113	9	106	28	358	38	593	16	764	95	913	23	1052	149	1278	48	1637	25
1914	45 2115	57	108	66	361	54	595	74	765	69	918	43	1053	58	1280	46	1640	48
1916	72 2116	12	111	43	368	35	597	33	767	88	922	32	1055	38	1284	80	1642	32
1922	27 2117	54	113	58	369	18	601	28	768	31	923	29	1059	29	1290	52	1645	19
1930	45 2119	52	117	22	377	59	615	48	770	21	925	148	1061	93	1291	39	1651	41
1932	179 2127	28	132	29	381	26	618	23	771	85	930	53	1063	65	1308	22	1655	42
1937	16 2131	31	144	49	383	45	623	27	778	33	931	17	1066	76	1311	55	1657	61
1939	57 2134	170	148	34	392	30	638	62	782	54	933	88	1068	88	1319	42	1658	16
1941	38 2136	35	154	16	405	43	646	30	789	27	934	46	1072	89	1326	53	1661	19
1942	67		155	55	406	35	651	18	790	43	935	128	1076	85	1335	52	1662	44
1946	67		156	17	411	51	652	46	793	55	937	67	1079	39	1346	12	1664	138
1948	37		160	55	423	18	653	37	799	31	941	42	1081	13	1347	59	1671	61
1953	90		161	68	424	5	654	44	800	117	948	41	1083	60	1348	18	1672	34
1958	79		168	15	425	17	656	11	806	108	952	39	1084	54	1358	68	1673	62
1962	38		169	36	437	12	664	2	809	70	953	33	1085	86	1361	18	1677	62
1963	48		171	31	443	32	665	4	810	135	954	69	1089	134	1365	5	1678	57
1964	59		172	3	446	34	666	42	814	110	957	5	1093	66	1366	74	1679	55
1965	47		182	74	449	28	673	37	815	35	958	40	1094	122	1374	23	1682	33
1967	59		183	60	454	67	676	53	820	139	960	43	1100	50	1388	50	1683	59
1971	88		184	52	458	4	677	33	822	26	964	138	1107	75	1390	87	1698	85
1973	23		200	44	465	2	680	12	824	157	967	87	1108	62	1401	7	1700	4
1974	93		208	41	472	35	691	124	830	38	976	58	1110	42	1403	42	1704	7
1977	24		214	41	473	48	692	47	831	40	978	4	1111	125	1410	16	1707	140
1981	101		215	12	477	23	700	28	832	54	980	44	1117	78	1413	16	1712	4

17. Бюлл. Абаст. астроф. обл., № 12

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42	ПК42
401-450	451-500	501-550	551-564	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300								
1713	63	1879	79 2085	6 2467	56	7	1 185	89 565	88 687	124	964	31	1181	43			
1715	1	1894	27 2086	107 2479	10	10	40 197	9 571	7 688	76	969	4	1182	21			
1717	34	1895	15 2089	100 2481	23	14	26 198	128 573	114 690	77	977	32	1188	75			
1719	68	1896	45 2090	49 2490	3	16	44 234	57 575	19 693	38	980	27	1189	102			
1721	108	1898	84 2093	58 2494	7	18	48 283	7 576	44 697	74	981	47	1197	84			
1723	195	1899	20 2094	138 2498	27	20	116 329	9 578	57 699	120	983	14	1198	40			
1724	35	1908	44 2100	61 2499	8	22	38 333	21 581	32 701	2	994	16	1202	39			
1725	5	1913	2 2102	19 2500	40	31	23 350	38 583	116 712	108	995	6	1206	74			
1731	25	1914	40 2107	55 2508	56	37	10 365	32 584	80 715	27	1008	40	1207	122			
1732	246	1917	64 2126	29 2510	35	47	20 367	110 585	52 716	57	1009	58	1208	11			
1737	131	1933	61 2138	44 2512	38	48	16 369	112 586	114 717	56	1012	31	1214	42			
1739	191	1935	32 2153	43 2518	36	50	25 370	10 587	109 721	102	1014	35	1219	57			
1742	53	1938	46 2155	38 2532	48	55	4 372	4 590	52 722	20	1023	34	1220	69			
1753	50	1940	13 2156	12 2537	46	57	66 375	51 593	80 725	47	1026	7	1222	46			
1754	88	1945	71 2159	27	61	107 387	36 596	54 726	74 1040	36	1223	64					
1756	4	1956	5 2160	12	66	38 390	18 602	77 728	38 1044	37	1226	29					
1771	134	1959	5 2164	32	67	5 398	114 605	118 729	67 1046	70	1227	45					
1773	55	1970	13 2169	68	71	51 399	18 606	101 730	50 1049	30	1229	86					
1774	16	1974	77 2180	37	73	84 400	108 607	69 731	109 1055	4	1230	90					
1776	73	1976	65 2200	42	75	120 402	97 613	89 732	120 1062	12	1236	100					
1780	43	1984	3 2205	55	77	129 406	148 614	77 735	57 1066	28	1241	46					
1781	67	1985	71 2207	10	81	78 408	86 615	40 739	24 1068	15	1245	53					
1782	50	1992	78 2211	33	83	3 409	30 619	104 740	112 1070	13	1248	39					
1787	34	1996	143 2212	36	85	54 410	47 625	100 741	13 1071	16	1250	35					
1788	14	1997	60 2238	81	86	32 413	53 626	144 742	39 1075	3	1253	8					
1792	13	2004	33 2246	9	93	2 414	57 627	57 743	66 1085	10	1255	58					
1794	4	2006	9 2258	36	95	80 417	6 630	56 744	127 1089	38	1256	45					
1805	31	2016	91 2267	20	102	24 419	20 633	3 750	31 1090	6	1258	56					
1815	38	2019	104 2268	30	103	112 430	40 634	34 763	18 1091	0	1259	8					
1816	135	2020	155 2278	8	108	120 432	36 638	104 767	40 1105	24	1260	27					
1818	77	2022	45 2288	88	110	127 434	12 642	23 773	16 1108	34	1261	39					
1819	6	2025	30 2290	40	118	105 440	24 645	108 774	15 1111	8	1262	44					
1823	127	2027	48 2293	21	128	21 453	111 646	117 845	3 1117	42	1263	59					
1826	67	2028	4 2375	20	131	27 457	23 649	30 849	26 1120	42	1264	14					
1828	42	2029	35 2382	13	132	13 465	26 650	85 862	29 1123	43	1265	24					
1831	64	2031	136 2394	17	134	11 469	52 653	28 869	36 1137	40	1266	73					
1833	52	2042	58 2415	16	138	89 481	30 656	12 878	7 1140	63	1267	145					
1836	82	2046	69 2416	53	139	96 495	112 658	43 889	26 1144	64	1268	57					
1847	21	2050	15 2419	12	144	66 504	50 659	79 890	27 1145	101	1269	29					
1850	23	2054	124 2427	4	145	97 507	10 663	80 894	5 1161	108	1273	33					
1851	18	2060	31 2429	39	154	109 519	26 665	9 910	45 1163	62	1274	59					
1854	90	2061	58 2433	54	158	14 534	52 669	90 913	35 1164	37	1279	63					
1858	124	2062	68 2438	30	159	12 536	30 670	37 914	33 1166	116	1280	62					
1861	19	2065	31 2442	18	160	132 537	3 671	119 920	38 1167	95	1281	117					
1863	55	2070	33 2444	40	162	24 547	73 672	18 921	21 1168	51	1282	47					
1864	68	2071	24 2447	11	165	10 554	115 673	147 931	36 1171	80	1283	52					
1866	133	2074	78 2451	23	166	21 555	58 674	54 934	38 1173	132	1285	45					
1868	33	2076	25 2454	20	171	23 556	36 680	6 937	29 1176	118	1292	5					
1871	47	2077	72 2460	46	172	37 559	149 683	122 946	18 1179	90	1293	14					
1876	68	2081	95 2462	6	176	34 560	64 686	140 956	31 1180	25	1297	13					

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК42	ПК42	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43	ПК43
301-350	351-379	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-358								
1298 78	1498	1 3	31 648	3 738	68 819	51	888	76 1228	112 1358	104	1889	6					
1300 108	1500	36 30	19 653	68 739	85 820	71	889	26 1241	56 1360	30	1891	24					
1301 77	1503	12 31	27 656	52 742	92 821	102	892	14 1243	143 1364	56	1898	22					
1302 52	1506	44 40	8 657	65 743	50 822	119	893	47 1247	32 1365	6	1917	5					
1305 25	1517	21 48	8 659	41 744	58 825	78	894	119 1250	57 1369	112	1924	27					
1308 60	1554	26 55	5 662	94 745	168 826	99	901	63 1253	73 1370	104	1925	16					
1310 36	1560	26 57	19 663	96 746	94 827	40	905	72 1255	78 1373	63	1987	26					
1311 13	1567	9 59	16 664	64 749	66 828	63	906	44 1256	106 1374	38	2039	2					
1319 70	1589	38 82	12 665	49 750	80 829	110	907	19 1257	63 1388	144							
1332 45	1607	2 95	12 666	69 751	32 830	94	910	76 1258	116 1391	51							
1323 53	1618	36 100	15 667	135 752	143 832	69	911	96 1261	35 1392	20							
1324 46	1639	36 104	22 669	106 753	72 833	46	912	34 1262	39 1394	79							
1325 12	1674	47 106	28 671	45 755	79 834	83	914	26 1265	26 1397	41							
1326 0	1681	37 120	4 673	7 758	23 836	99	915	57 1266	167 1400	85							
1328 19	1690	37 131	38 674	56 759	45 837	54	917	56 1268	77 1408	69							
1329 38	1704	20 134	15 675	39 760	60 838	94	920	85 1270	73 1410	112							
1343 33	1730	19 145	31 677	148 761	45 839	69	923	84 1273	56 1413	72							
1345 43	1735	23 146	14 678	30 765	49 840	79	924	51 1276	146 1416	76							
1346 141	1763	40 198	12 683	64 766	41 841	124	925	60 1278	135 1419	36							
1349 60	1807	4 200	19 685	54 769	55 842	74	926	65 1279	58 1425	66							
1350 30	1835	0 203	4 687	12 770	95 843	81	927	104 1282	42 1435	7							
1352 9	1853	35 218	30 689	59 772	11 844	19	928	115 1283	95 1436	106							
1354 60	1868	22 236	20 690	76 773	62 845	40	929	78 1287	31 1443	137							
1360 39	1877	13 253	26 691	34 774	202 846	99	930	134 1290	96 1446	4							
1372 41	1894	8 274	12 692	61 775	63 848	83	961	5 1294	104 1455	7							
1378 30	1896	1 287	22 694	83 776	79 849	35	974	33 1296	42 1456	111							
1379 46	1913	25 290	15 696	108 777	64 851	46	1001	22 1300	65 1465	27							
1380 19	1934	8 293	19 697	87 780	67 852	54	1003	1 1301	198 1468	76							
1383 46	1949	27 307	24 700	109 782	36 855	105	1014	16 1305	59 1472	46							
1390 20		309	22 701	96 783	105 857	38	1015	8 1307	26 1475	42							
1399 24		361	27 703	47 784	40 858	49	1065	31 1309	107 1477	121							
1406 35		365	34 704	50 786	103 860	37	1077	2 1310	101 1483	112							
1407 37		368	15 705	127 787	70 862	45	1091	29 1311	69 1485	19							
1425 41		419	7 706	63 788	143 863	106	1092	16 1315	115 1488	120							
1428 1		439	16 707	42 790	51 864	79	1093	4 1316	105 1494	114							
1431 11		445	38 708	46 792	45 865	124	1094	27 1318	81 1497	22							
1434 14		451	23 710	198 793	42 866	37	1095	9 1323	181 1511	154							
1435 26		522	28 711	27 794	61 871	63	1104	32 1326	125 1512	54							
1438 68		532	19 712	48 796	78 872	94	1112	19 1329	82 1513	109							
1439 21		536	11 713	49 798	78 873	63	1114	30 1330	56 1525	54							
1449 9		553	23 715	61 799	56 875	93	1130	10 1335	37 1531	93							
1452 37		556	33 716	152 801	78 876	34	1146	39 1336	38 1536	53							
1458 44		570	38 719	90 802	38 877	66	1148	31 1337	100 1538	12							
1460 40		575	10 723	9 804	187 878	92	1152	25 1339	120 1540	41							
1469 30		593	33 724	2 806	31 881	60	1202	14 1342	39 1541	24							
1476 45		594	18 725	90 809	90 882	70	1213	15 1344	26 1611	24							
1477 49		598	38 728	49 811	68 883	120	1217	7 1345	110 1701	37							
1488 26		600	16 732	57 813	72 884	20	1222	126 1346	51 1766	23							
1493 25		630	27 734	22 814	31 886	62	1223	19 1347	49 1831	22							
1494 18		644	38 737	19 815	110 877	113	1225	120 1354	27 1843	9							

§ 3. Краткая характеристика Каталога

Приведем теперь ряд данных, интересных с точки зрения характеристики распределения звезд в Площадах по их числу, блеску, пределам зв. величины и т. д. Эти данные призваны показать, насколько однороден наш материал, насколько сравнимы между собой средние данные, относящиеся к отдельным Площадам.

Прежде всего рассмотрим число звезд в нашем Каталоге в каждой Площади Каптейна. На каждую из исследованных нами сорока трех Площадей приходится:

около 350 звезд для ПК группы	I (галактической плоскости),
" 480 " " " "	II (низких широт),
" 360 " " " "	III (умеренных широт),
" 280 " " " "	IV (средних широт),
" 240 " " " "	V (высоких широт).

Само собой понятно, что на Площади средних и, особенно, высоких галактических широт приходится значительно меньше звезд, чем на Площади низких широт. Конечно, трудно и пожалуй не необходимо соблюсти полную или почти полную однородность в количестве звезд хотя бы даже в отношении Площадей данной группы. Но распределение звезд по числу и блеску, тем не менее, указывает на общую однородность нашего материала, в таком смысле.

В частности, звезды 11.0—13.3 зв. величины, к которым относится основная масса звезд нашего Каталога, распределены в Площадах довольно однородно. Таких в Каталоге — 85% от всего количества исследованных нами звезд. В отдельных Площадах это число колеблется от 75% до 92%.

Число звезд в каждой Площади и их распределение по величинам были ранее приведены в работах [204, 205, 208 и 209] (см. таблицу III в каждой из них). Поэтому здесь не будем повторять этих данных. Но, приведем данные распределения звезд нашего Каталога по спектральным классам (таблица XXIV).

Очевидно, распределение звезд по спектральным классам неравномерно. В Площадах низких галактических широт их число для ранних типов — от B0 до A9 — достаточно велико, т. е. 44% в первой группе и 53% — во второй, считая проценты по отношению к числу всех звезд, имеющих обозначения подклассов. Последнее несколько меньше общего числа звезд, вошедших в Каталог.

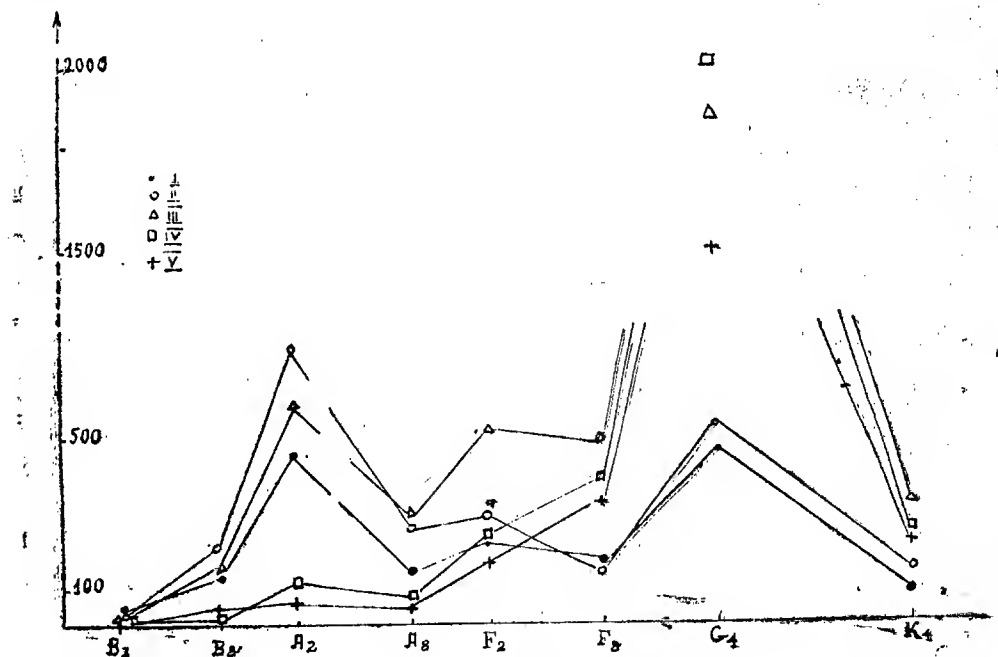
Уже для Площадей умеренных широт число звезд от B0 до A9 падает до 25%, а в Площадах средних и высоких галактических широт, оно не превышает 6% и 5%, соответственно. Это, конечно, очень низкий процент, но, по понятным причинам, это неизбежно.

Таблица XXIV

Группа ПК	ПК	Общее количество звезд	Количество звезд							
			B0-B5	B6-B9	A0-A5	A6-A9	F0-F5	F6-F9	G0-G9	K0-K9
			4	5	6	7	8	9	10	11
I	8	340	18	43	64	41	35	21	82	9
	9	396	1	30	81	34	32	36	142	20
	19	358	10	12	142	16	36	36	64	23
	24	329	6	29	114	20	44	24	67	14
	40	335	6	10	47	15	57	55	112	15
1758			41	124	448	126	204	172	467	81
II	18	507	8	56	153	73	21	26	143	16
	23	505	6	48	145	34	31	26	119	55
	25	401	1	31	110	58	49	30	111	11
	39	404	4	14	91	43	85	30	90	36
	41	564	5	59	238	49	95	21	67	17
2381			24	208	737	257	281	133	530	135
III	2	398	3	13	28	17	42	79	172	20
	3	403	0	6	38	18	34	34	222	19
	7	372	0	7	44	10	30	45	188	36
	10	373	1	13	65	22	57	58	130	23
	17	322	0	6	24	21	33	40	175	19
	20	379	1	4	55	32	83	41	140	12
	21	335	0	2	36	11	39	43	171	24
	22	372	1	17	79	39	24	33	161	12
	26	349	0	16	27	30	46	59	127	35
	38	352	0	5	42	27	43	18	172	43
	42	379	3	55	109	28	45	11	86	36
	43	358	0	16	41	34	51	32	134	48
4392			9	160	588	289	527	493	1878	327
IV	1	322	0	0	8	6	19	35	223	12
	4	346	0	1	17	4	21	37	244	18
	5	297	0	1	9	5	14	45	210	11
	6	338	0	0	3	6	7	30	267	23
	11	245	0	0	8	9	33	40	115	32
	12	221	0	0	13	6	14	28	152	4
	16	299	0	3	8	1	19	49	174	26
	27	297	0	4	21	11	28	14	191	25
	28	233	0	0	2	4	20	48	141	16
	36	314	0	1	8	3	42	44	183	31
	37	228	0	2	12	12	16	16	120	41
3140			0	12	109	67	233	386	2020	239

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V	13	263	0	2	3	2	21	44	162	21
	14	208	1	0	2	2	9	23	158	13
	15	193	0	1	2	5	20	30	116	18
	29	271	0	5	17	4	17	54	148	21
	30	337	0	1	5	6	20	34	256	14
	31	143	0	1	3	2	16	15	85	20
	32	191	0	0	7	3	8	37	124	6
	33	205	0	1	5	1	17	21	135	15
	34	219	0	1	7	4	15	25	148	14
	35	299	0	1	5	4	16	34	171	58
		2329	1	13	56	33	159	317	1503	200
		14000	75	517	1938	772	1404	1501	6398	982

На чертеже 23 показано распределение звезд по количеству и в зависимости от спектрального класса для всех пяти групп.



Чертеж 23

Число звезд в Каталоге от В0 до F5, включительно, т. е. тех, что составляют исходную и основную для дискуссии таблицу (см. ниже, в главе IV), колеблется от 65 %, для низких широт, до 11 %, для высоких. Всего в этой таблице содержится 35 % звезд Каталога.

Но, это не значит, что 65 % звезд Каталога остаются неиспользованными. Остальные или почти все из остальных звезд также используются для дискуссии, но об этом речь будет идти в соответствующих местах главы IV.

Здесь целесообразно показать, наконец, распределение звезд Каталога по поздним спектральным подклассам, с подразделением их на карлики и гиганты (таблица XXV).

Таблица XXV

Группа ПК	F8-G1		G2-G5		G6-K0		K2-K8	
	карл. гиг.		карл. гиг.		карл. гиг.		карл. гиг.	
I	12	2	52	11	71	11	22	15
II	3	2	72	7	65	15	55	19
III	56	24	211	109	192	87	140	18
IV	44	11	259	77	211	61	81	24
V	20	9	132	57	77	85	18	24
1793-668	135	48	726	261	616	259	316	100

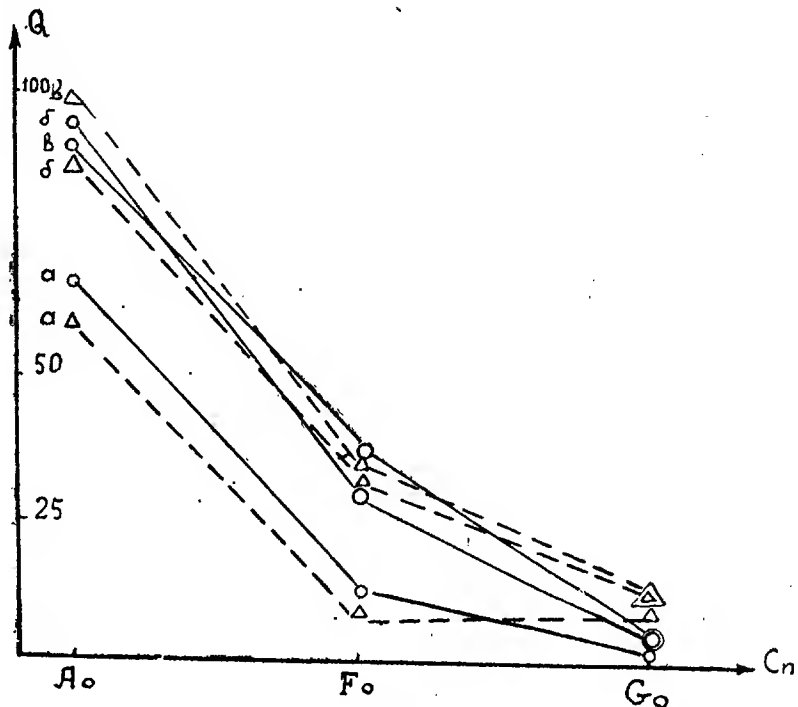
В Бергедорфских Каталогах приводится ряд статистических данных в отношении распределения звезд по блеску и спектрам. Эти данные относятся к разным ПК, собранным известным образом в отдельные группы. Для того, чтобы убедиться, что мы используем звезды ПК в их общей массе без какой-либо заметной селекции материала, не лишне повторить подобные статистические подсчеты и в отношении звезд нашего Каталога. Действительно, если простые статистические соотношения остаются в общем в силе и для звезд нашего Каталога, то мы вправе считать, что звезды взяты нами из Бергедорфского Каталога без какой-либо селекции.

Таблицы №№ 7 и 9 вводной части I тома БСО содержат распределение звезд по спектральным классам в девятнадцати Площадах Каптейна, относящихся к четырем группам, средние галактические широты которых равны $+1.2^\circ$, 16.6° , 31.2° и 48.2° . При этом, это распределение рассчитано для площади в 100 кв. градусов.

При совместном рассмотрении этих таблиц и наших таблиц, построенных таким же образом, легко можно усмотреть в общем сходное распределение звезд. Это замечание справедливо и для случая сравнения наших данных с данными таблицы № 3 II тома Бергедорфского Каталога, которая построена аналогично для сорока трех Площадей Каптейна, сгруппированных по средним широтам: -15° , -7° , $+1^\circ$, $+9^\circ$, $+17^\circ$, $+30^\circ$, $+43^\circ$, $+56^\circ$ и $+69^\circ$.

Некоторым критерием отсутствия у нас заметной селекции материала могут послужить результаты сопоставления наших данных с данными таблицы № 8 II тома Бергедорфского Каталога, в которой представлена галактическая концентрация звезд различных спектральных типов. Вычислив отношения чисел звезд в среднем для $+1^\circ$ и $+69^\circ$ галактических широт, около галактической долготы в 90° , для звезд классов A0, F0, G0 и для видимых фотографических величин 11.0, 12.0 и 12.9, мы получили картину, представленную чертежом 24.

Этот последний показывает как меняется с величиной и спектром видимая галактическая концентрация звезд двух каталогов: БСО и нашего. Круги и сплошные линии относятся к БСО, а треугольники и пунктиры — к нашему Каталогу. При этом линии а, б, в относятся к звездам 11.0, 12.0 и 12.9 фотографической зв. величины, соответственно.



Чертеж 24

Мы не будем приводить других таблиц и графиков, иллюстрирующих изложенное выше относительно результатов сопоставления некоторых данных двух каталогов. Эти результаты имеют значение в смысле общей характеристики содержания нашего Каталога.

Мы уже показали, что значительное большинство звезд во всех исследованных нами Площадях Каптейна имеет блеск слабее 11.0 фототр.

зв. величины. Таких звезд в нашем каталоге 85%. Но интересно выяснить—каков предел величин нашего Каталога, т. е. до какой фотогр. зв. величины можно считать полным наш Каталог для каждой Площади. Для ответа на этот вопрос мы составили таблицу XXVI, где для каждой Площади указано количество звезд в некоторых малых интервалах блеска.

Судя по данным приведенной таблицы, можно считать, что в общем предельная величина в нашем Каталоге достигает 13.3 фотогр. зв. величины. При этом, предел мы понимаем в том смысле, что он относится к средней зв. величине звезд интервала, где количество звезд в среднем того же порядка, что и в других и, следовательно, звезды этого интервала могут быть использованы для интерпретаций с тем же весом, что и

Таблица XXVI

Группа	ПК	12. ^m 51- -12.70	12.71- -12.90	12.91- -13.10	13.11- -13.30	13.31-
I	8	52	22	7	2	—
	9	34	43	48	38	16
	19	46	35	31	19	3
	24	31	53	53	40	7
	40	41	32	37	22	4
		204	185	176	121	30
II	18	23	32	43	37	39
	23	38	48	37	37	60
	25	47	55	43	18	12
	39	35	46	20	5	—
	41	49	30	14	3	—
		192	211	157	100	111
III	2	73	50	27	9	4
	3	87	46	47	20	1
	7	50	69	23	2	7
	10	14	17	25	31	44
	17	27	43	43	20	5
	20	46	39	47	31	18
	21	28	41	29	28	13
	22	29	26	29	21	24
	26	16	21	43	65	45
	38	32	50	57	24	2
	42	27	23	19	24	16
	43	21	19	51	62	3
		450	444	440	337	182

Группа	ПК	12.51- -12.70	12.71- -12.90	12.91- -13.10	13.11- -13.30	13.31-
IV	1	32	41	28	41	32
	4	41	28	22	15	9
	5	41	42	25	12	6
	6	33	50	24	19	18
	11	37	32	26	24	14
	12	26	25	26	12	9
	16	18	35	43	16	15
	27	37	42	39	26	15
	28	20	17	28	16	35
	36	18	18	36	29	51
	37	26	24	23	16	5
		329	354	320	226	209
V	13	26	35	24	16	9
	14	15	17	27	27	16
	15	11	23	21	22	8
	29	20	25	30	17	11
	30	28	49	64	9	—
	31	13	5	11	2	19
	32	17	12	17	23	39
	33	31	16	23	13	12
	34	24	16	26	12	34
	35	16	20	41	39	59
		201	218	284	180	207

остальные. Но этот предел не для всех Площадей одинаков. Вместе с тем, приходится считаться с тем, что в связи с уравниванием цвета, этот предел неодинаков для звезд разных спектральных классов. Следует помнить, что предел самих Бергедорфских Каталогов различен для разных ПК. Так, например, для ПК8 он всего 12.8 зв. величины, для ПК7 и 19 — 13.2 зв. величины и т. д. На низких галактических широтах его проникновение меньше, чем на высоких. Это могло сказаться и на пределе нашего Каталога, т. к. звезды последнего взяты по Бергедорфскому Каталогу. Но, мы старались захватить возможно слабые звезды.

Предел нашего Каталога можно оценить и путем строгого анализа чисел последней таблицы. Действительно, можно вычислить значения $\log N(m)$, относящиеся к нашим числам звезд для отдельных m , и сравнить их с интерполированными значениями тех же величин, взятых для соответствующих областей из известных таблиц Ван-Райна [767]. Подобные сопоставления мы сделаем для Площадей групп I и II и частично для

групп III и IV. Таким образом, мы определили ту зв. величину m , при которой наше значение $\log N(m)$ начинало заметно отставать от его же значения, получаемого из таблиц В а н - Р а й н а. Конечно, интерполирование величин $\log N(m)$ приближенно и подобная оценка предела также приближенна. Но результаты дают нам право считать наш Каталог, в общем, полным до 13.3 зв. величины.

В таблице XXVII мы приводим оценки предельной фотографической звездной величины для каждой Площади. При этом, под предельной величиной следует понимать не величину отдельной предельно слабой звез-

Таблица XXVII

Группа	ПК	Предельная зв. величина	Группа	ПК	Предельная зв. величина
I	8	13.0	IV	1	13.4
	9	13.3		4	13.3
	19	13.2		5	13.3
	24	13.3		6	13.4
	40	13.2		11	13.3
		13.2		12	13.2
II	18	13.4		16	13.3
	23	13.4		27	13.3
	25	13.2		28	13.4
	39	13.1		36	13.4
	41	13.1		37	13.3
		13.3			
III			V		13.3
	2	13.1		13	13.3
	3	13.2		14	13.4
	7	13.0		15	13.3
	10	13.4		29	13.3
	17	13.3		30	13.1
	20	13.3		31	13.4
	21	13.4		32	13.4
	22	13.4		33	13.3
	26	13.4		34	13.4
	38	13.2		35	13.4
	42	13.4			
	43	13.3			13.3
		13.3			

ды, а среднюю величину группы такого количества предельно слабых звезд, какое достаточно велико для того, чтобы считать Каталог в данной Площади полным и использование средних данных для группы предельно слабых звезд — возможным, для целей настоящего исследования.

Ни в одной Площади предельная величина не ниже 13.0 и в большинстве из них она равна 13.4 и 13.3. В среднем, пределом нашего Каталога, как сказано и выше, можно считать 13.3 фотографической зв. величины, в системе величин Бергедорфского Каталога.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА
В ГАЛАКТИКЕ НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ ИЗБЫТКОВ ЗВЕЗД

§ 1. Вводные замечания

В настоящей—четвертой—главе работы мы используем данные составленного нами Каталога цветовых показателей 14000 звезд в Площадах Каптейна №№ 1—43, для исследования избирательного поглощения света звезд в Галактике, в разных направлениях и на разных глубинах ее.

Для этой цели и на основе каталожных данных составлены таблицы средних показателей цвета для известных групп спектральных подклассов и известных зв. величин. Эти таблицы являются исходными при вычислении избытков цвета звезд.

В этой же главе выведена нормальная система цветов, а также вычислены расстояния до отдельных групп звезд.

После того, как выведены избытки цветов, для каждой Площади Каптейна построены кривые зависимости цветовых избытков от расстояний. Наконец, вычислены физические характеристики поглощающей среды, освещенное распределение избирательно поглощающего вещества и дана общая дискуссия материала.

§ 2. Деление звезд Каталога на группы различных спектральных подклассов и различных видимых зв. величин для вычисления средних показателей цвета

Исходным материалом для нашей дискуссии, при изучении избирательного поглощения, служат избытки цвета в разных направлениях и на разных расстояниях от нас. В связи с этим, прежде всего, необходимо вычислить средние показатели цвета звезд, сгруппированных по отдельным интервалам блеска и спектральных подклассов.

Учитывая количество звезд, пределы блеска звезд нашего Каталога и необходимость проследить увеличение пространственного покраснения звезд в зависимости от прироста расстояния, мы нашли наиболее целесообразным принять следующее подразделение ранних звезд на группы, относящиеся к отдельным интервалам видимых фотогр. зв. величин и спектральных подклассов:

<10.50	10.51—11.25	11.26—12.00	12.01—12.75	>12.75 зв. вел.
B0—B5	B6—B9	A0—A2	A3—A5	A6—A9 F0—F2 F3—F5.

В таком виде звезды распределены по группам достаточно удовлетворительно. Хотя, конечно, нельзя избежать весьма чувствительного дефицита их в группах, относящихся к ранним спектральным классам, особенно на высоких галактических широтах.

При таком распределении мы можем рассматривать для каждой спектральной группы по пять расстояний, соответствующих звездам следующих средних видимых зв. величин:

10.25 10.90 11.65 12.40 13.00

Соответствующими средними спектральными подклассами являются:

B3 B8 A1 A4 A8 F1 F4

Значения средних видимых зв. величин и средних подклассов не всегда являются средними для данных интервалов блеска и спектров. Но, мы учитывали действительные количества звезд, относящихся к отдельным малым интервалам видимых зв. величин и к каждому отдельному спектральному подклассу и брали как бы «взвешенные» средние. Мы придаем большое значение такому порядку осреднения. Это существенно приближает нас к наиболее правильному использованию статистического материала.

Если быть чрезмерно строгим, то надо все таки отметить, что отдельные Площади показывают несколько различное распределение звезд, в соответствии с чем было бы целесообразнее иметь различные подразделения для разных Площадей или для их разных групп. Но то подразделение на котором мы остановились, является приблизительно средним для всех Площадей. Тем не менее, при детальном исследовании и дискуссии цветовых избытков и сопоставлении их с расстояниями в отдельных Площадах, нам приходится иногда отказываться от этих средних значений и принимать для некоторых отдельных Площадей значения, более соответствующие истинному среднему значению в них.

Таким образом, мы имеем для каждой Площади и для ранних звезд (B0—F5), в общем, 35 отдельных расстояний, соответствующих пяти средним видимым зв. величинам и семи средним спектральным подклассам, т. е. семи значениям абсолютных величин. Конечно, не для всех Площадей имеются звезды, относящиеся ко всем этим средним значениям. Кроме того, как увидим позже, мы не будем пользоваться всеми этими расстояниями в отдельности, а рассматривая вместе по несколько близких между собой расстояний, будем их осреднять.

Наш Каталог содержит большое число поздних звезд. Весьма желательно использовать выполненные определения цветов и для этих звезд. Трудности, естественно, возникают в связи с делением звезд по абсолютным величинам и различием их цветов. Между тем, Бергедорфские определения спектральных классов, как правило, не содержат делений звезд на гиганты

и карлики. Тем не менее, мы нашли возможным использовать также выведенные нами показатели цвета поздних звезд.

При этом мы остановились на следующих интервалах спектральных подклассов:

F6—F9 G0—G2 G3—G5 G6—G9 K0—K2 K3—K5

т. е. приняли следующие средние спектральные подклассы:

F8 G1 G4 G7 K1 K4

Что касается средних зв. величин, то они были оставлены прежними.

Таким образом, в случае поздних звезд мы имеем 30 отдельных значений средних (групповых) расстояний, которые, впрочем, и здесь используются не все индивидуально.

Прежде всего мы выделили в указанные группы лишь те поздние звезды, которые по КATALOGУ БСО имеют подразделение по светимостям (на гиганты и карлики) и составили соответствующие таблицы средних (групповых) показателей цвета.

Затем, подобные таблицы были составлены и для остальных поздних звезд, не подразделенных на гиганты и карлики.

Таким образом, исходным материалом нам служат три серий таблиц. Первая из них содержит лишь ранние звезды и количество последних колеблется между 129 и 418 для Площадей нулевой и малых широт; между 87 и 236—для Площадей умеренных широт и наконец между 22 и 61—для средних и высоких широт¹. Всего из групп Площадей нулевой и малых широт в таблицах средних показателей (а, следовательно,— средних избытков цвета) 2364 звезды, из групп умеренных широт—1569, и средних и высоких—668. Естественно, что количество наиболее ранних звезд в Площадах средних и высоких широт заметно падает. Но в общем, можно считать, что к вычислениям средних избытков цвета привлечено довольно большое число ранних звезд: их более 4600, т. е. 33% всего КATALOGа.

Во второй серии таблиц участвуют 1652 звезды-карлика и 522 звезды-гиганта. При этом они распределяются следующим образом:
в группах Площадей I и II 299 карликов и 71 гигант

"	"	III	618	"	171	"
"	"	IV и V	735	"	280	"

Таким образом, использование поздних звезд, имеющих подразделение на гиганты и карлики, прибавляет нам для вывода средних избытков цвета еще 2174 звезды, т. е. 16% нашего КATALOGа и общее число используемых звезд, в таком случае, составит почти 6800, т. е. 49% всего числа звезд в КATALOGе. Это число могло быть несколько больше, но, в некоторых случаях, нам приходилось отказываться от тех звезд, которые имели весьма сомни-

¹ Лишь в трех случаях имеем мы менее 22 звезд.

тельные деления на гиганты и карлики (дважды условное двоеточие в Бергедорфских Каталогах) и к тому же давали большое отклонение от средних значений показателей цвета.

Кстати, вычислив средние значения показателей цвета для гигантов и карликов данной Площади, в отдельности, и беря при этом лишь те звезды, подразделения которых не подлежат сомнению (без условных двоеточий), мы могли определить ту величину отклонения от среднего, которая могла служить критерием для более надежного отнесения звезд, обозначенных двоеточиями, к той или иной группе. Поэтому, в дальнейшем, звезды, имеющие сомнительные подразделения и, к тому же, выпадающие по своим показателям цвета, мы зачастую отбрасывали. В большинстве случаев нам удавалось уточнить подразделение и это делало возможным удовлетворительное использование таких звезд. Но тем не менее, к звездам с уточненным нами подразделением мы прибегали лишь в тех случаях, когда для данных Площадей или данных расстояний бывало слишком мало других звезд.

Опыт, приобретенный анализом показателей цвета звезд, подразделенных на гиганты и карлики (подробнее см. в следующем параграфе) дал нам возможность использовать для наших целей и те поздние звезды, которые вовсе не имеют деления на гиганты и карлики. Это довольно важно, ибо таких звезд в нашем Каталоге—более 40%. Эти звезды составили нам третью серию таблиц средних (групповых) показателей цвета, в которой участвуют 5409 звезд.

Конечно, даже при статистическом методе было бы неправильно отнести все необозначенные (по светимости) поздние звезды Бергедорфского Каталога к главной последовательности. Мы и не поступили так. Исходя из тех средних значений показателей цвета, которые выведены нами по звездам, имеющим подразделение, мы относили необозначенные поздние звезды к гигантам или карликам по признаку их показателей цвета. Последний заставил нас отнести к гигантам более 800 звезд. Конечно, этот способ несколько груб. Но при статистическом методе он более надежен, чем простое допущение о принадлежности всех необозначенных звезд главной последовательности. Для возможного повышения точности мы рассматривали средние значения показателей цвета отдельно для групп звезд различного блеска и для Площадей, относящихся к различным галактическим широтам.

Таким образом, в трех сериях исходных таблиц средних показателей цвета участвует около 12200 звезд, т. е. более 87%-ов от всего числа звезд нашего Каталога. Мы не приводим здесь этих таблиц из-за громоздкости.¹

¹ Таблицы групповых показателей цвета, опубликованные нами в Бюллетенях Абастуманской обсерватории [204, 205, 208, 209], построены по иным интервалам зв. величин и спектральных подклассов. Они имели значение лишь для предварительных оценок поглощения и, тем не менее, определенно указывали на рост поглощения с расстоянием от Солнца и с приближением к галактическому экватору.

§ 3. К вопросу о подразделении поздних звезд Бергедорфского Каталога на гиганты и карлики

Рассмотрим теперь несколько подробнее вопрос о подразделении по светимостям звезд БСО.

Рабочие таблицы и соответствующие им графики, на которых основано наше уточнение подразделения звезд по светимостям, не приводятся в настоящей работе из-за громоздкости. Но, пользование ими мы нашли довольно надежным для того, чтобы по признаку цвета, в одних случаях, с уверенностью признавать за звездами те обозначения, которые проставлены в Бергедорфских Каталогах, но отмечены двоеточиями, а в других случаях — считать их неправильно подразделенными и относить к противоположной группе. При выполнении этой работы, естественно, мы неизбежно учитывали и расстояния до звезд и поглощение, анализируя цвета звезд отдельно для разных Площадей, характеризующихся различными поглощениями. Эта работа и соответствующий анализ весьма кропотливы, но результаты получаются довольно уверенными.

В итоге проделанной работы мы составили таблицу XXVIII, относящую к группе гигантов или к группе карликов большинство тех звезд, которые имеют неуверенное подразделение в Бергедорфских Каталогах. Бывали исключения, когда значения показателя цвета не могли служить вполне определяющими признаками для отнесения звезд к той или иной группе. В таких, относительно немногих случаях мы отказывались включать их в таблицу.

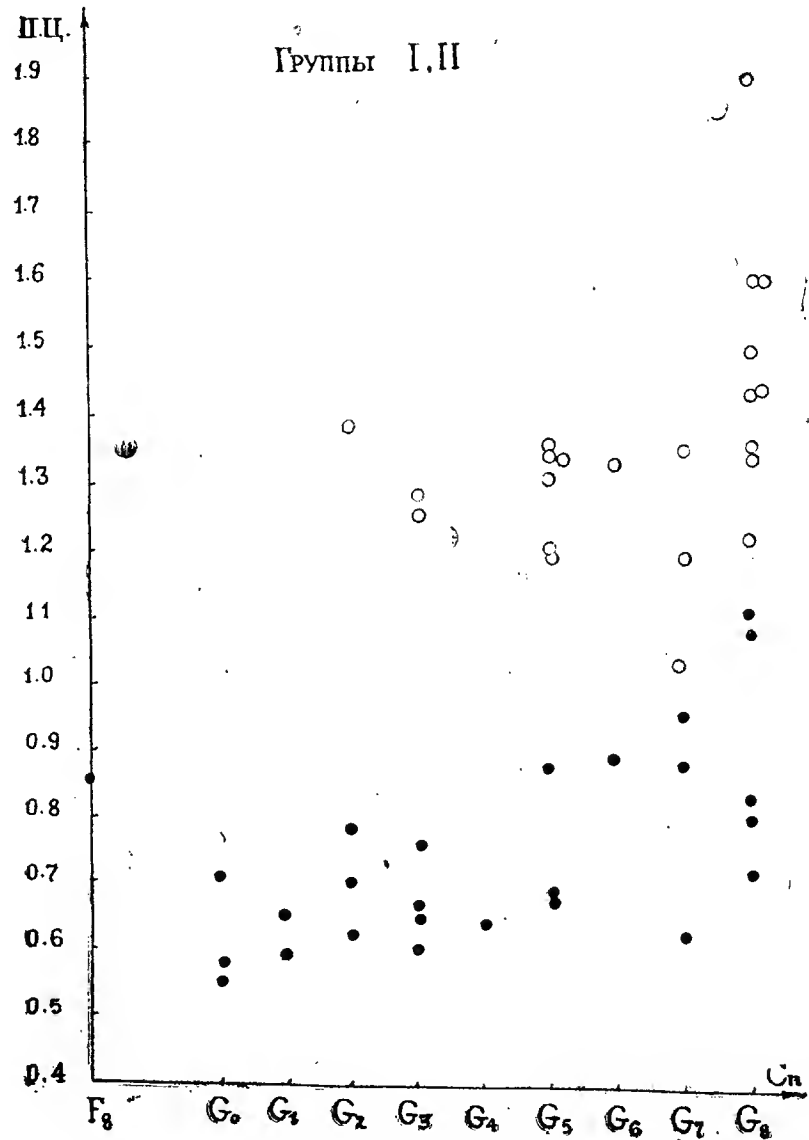
Таблица XXVIII содержит номера Площадей Каптейна, номера звезд по Бергедорфским Каталогам, спектральные обозначения с подразделением их на гиганты и карлики по тем же Бергедорфским Каталогам и подразделение их на гиганты и карлики на основе наших показателей цвета. Таблица содержит во всех Площадах 528 звезд, деление которых на гиганты и карлики мы считаем уточненным согласно нашим определениям показателей цветов.

Уточнением сомнительных подразделений звезд охвачено во всех Площадах около 600 звезд, однако обозначения были установлены нами для 528 звезд. При этом для 36% из них обозначения Бергедорфских Каталогов не подтвердились. 93 сомнительных карлика мы признаем за гиганты, а 96 сомнительных гигантов следует, по нашему, отнести к карликам. Прделанный нами анализ дает основание признать, что Бергедорфское подразделение звезд по светимостям не очень надежно. С другой стороны, можно убедиться, что тщательный анализ цветов звезд, с учетом расстояний и направ-

18. Бюлл. Абаст. астроф. obs.. № 12

лений способен уточнить Бергедорфские подразделения. Некритическое отношение к последним послужило причиной тому, что Бок и Сван были вынуждены отказаться от дифференцированного использования звезд гигантов и карликов по БСО [375].

Интересно отметить, что Б. В. Кукаркин и П. П. Паренато также указывали, что в ряде случаев звезды БСО, оказавшиеся после



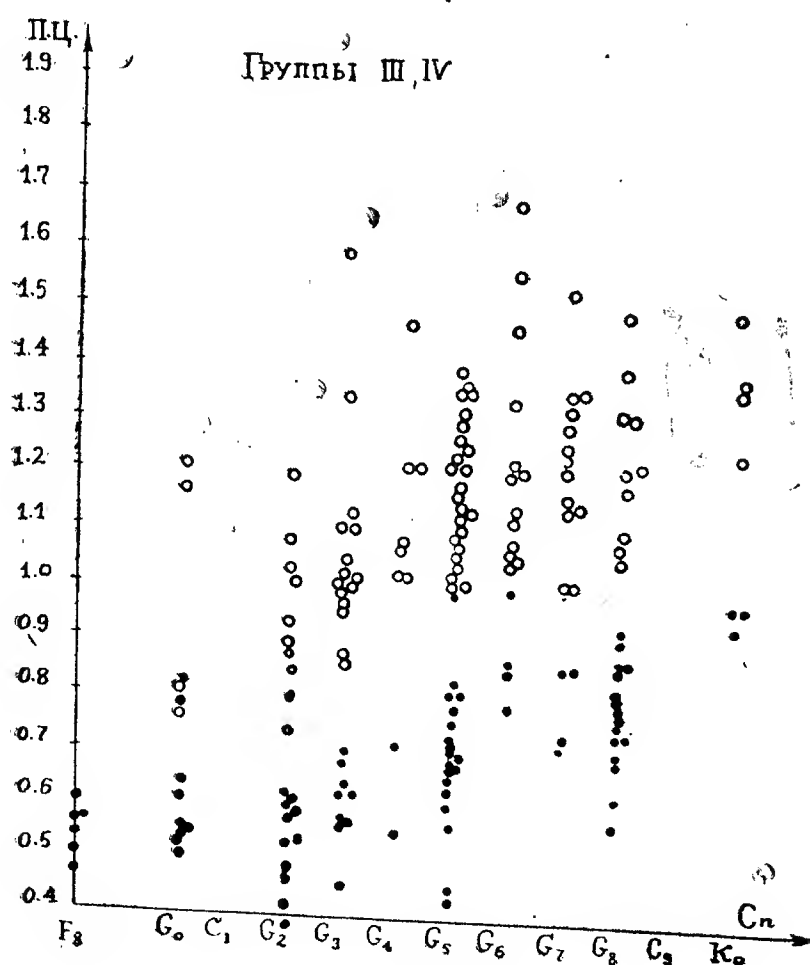
Чертеж 25

составления БСО долгопериодическими цефеидами, обозначались в БСО карликами, правда, часто—сомнительными: d и $d::$.

Если рассмотреть звезды, входящие в таблицу XXVIII относительно кривых: избыток цвета—расстояние (см. ниже), то окажется, что до уточнения их подразделения, многие из них дают значительные отклонения от кривых. После же уточнения и вычисления расстояний в соответствии с нашим делением на гиганты и карлики, они в общем ложатся на кривые.

Приведем некоторые из данных, составляющих основу для уточнения подразделения.

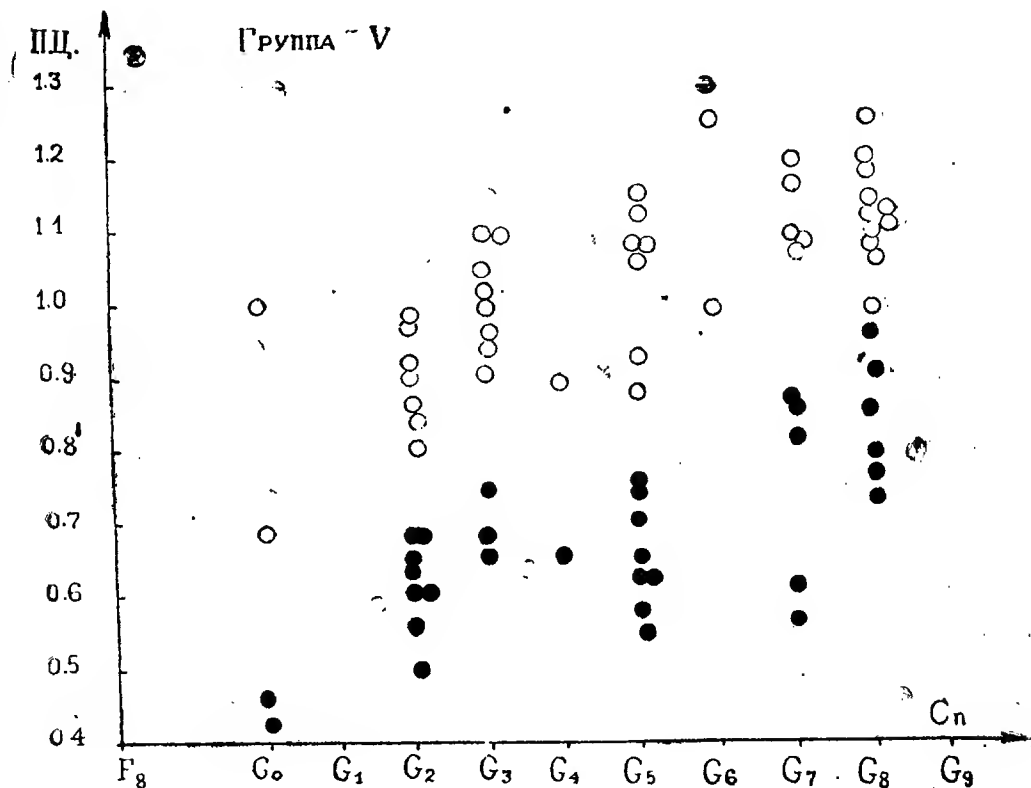
Во-первых, рассмотрим график зависимости показателя цвета от спектра для звезд, имеющих в Бергедорфских Каталогах сомнительные обозначения, но подтверждающиеся нашими значениями показателей цвета. Пов-



Чертеж 26

торяем, что подобные графики нам пришлось строить с учетом видимых звездных величин, поглощения и исправленных расстояний и т. д. Здесь же приводятся графики, где собраны звезды разных видимых величин. Естественно, что на таких графиках рассеяние точек значительно. Рассмотрим три графика, на которых собраны звезды, относящиеся к группам:

1) Площадей низких галактических широт, т. е. I и II групп (чертеж 25);



Чертеж 27

2) Площадей умеренных и средних широт, т. е. III и IV групп (чертеж 26) и

3) Площадей высоких широт, т. е. V группы (чертеж 27).

Таблица XXVIII

ПК	№	Сп		ПК	№	Сп		ПК	№	Сп	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	292	G5d::	d	5	353	K2d:	d	8	1073	G2d:	d
	380	K4d::	g		363	G5g:	g		1107	G5d::	g
	400	G5d:	g		364	G2d::	g		1133	G4d:	d
	401	G8d:	g		393	G3d::	d		1197	G8d:	d
	405	G5d:	g		399	G3g::	g				
	431	G5d:	g		535	G4d::	d	9	542	G3d::	d
	451	K2d:	g		588	G5d::	d		647	G5d::	g
	472	G8d::	g		592	God:	d		954	G2g:	d
	475	F8d::	d		613	Kod::	g		1034	G5d:	g
	483	G5d:	d		681	G2d::	g		1071	G3d:	d
	537	G8d::	d		739	F8d:	d		1150	G3g::	g
	595	G8d:	g		937	G6d::	g		1243	G5d::	g
	597	G8d:	g		997	G6g:	g		1542	G8g:	g
	608	G6d::	d						1701	G5g::	g
	618	G5d:	d	6	36	G3g::	d		1723	G8g:	g
	634	G3d::	g		40	G2d:	g		1831	G3d:	d
	645	K2d::	g		289	G6d::	g				
2	89	G3d:	g		328	G4g:	d	10	59	G7g::	g
	261	G6g:	g		346	F9d::	d		96	G5g:	g
	416	G7g:	g		395	G5d:	d		253	G7g:	g
	454	G5g:	g		396	G4g:	d		262	G4g::	d
	615	G3d:	d		401	G3d::	d		561	G5g::	g
	620	G8g:	d		463	K2d::	d		853	G4g:	d
	776	G8g:	g		512	G2d:	d				
	790	G6g:	g		520	G2g::	d	11	373	G5g::	g
	836	G3g:	d		575	G2g:	g		810	G7g::	d
	1058	G8g:	g		602	G8d::	g		922	G5g:	g
					726	G2g:	d		930	G3g::	g
					864	G2d:	d		1143	G5d:	d
3	146	G6d::	d		1061	G4d:	d				
	273	G2d:	d					12	73	G2g:	d
	287	G8d:	g	7	141	G5d:	d		136	G3g:	g
	451	G8d:	g		216	G5d::	g		331	G2d::	d
	652	G6d:	g		225	F8d:	d		408	G2d:	d
	660	G2d::	d		229	G7d::	g		416	G2d:	d
	683	G8d:	g		236	God:	d		420	G5d:	d
	841	G6d:	g		418	G5d:	g		434	G3d::	d
	977	G5g:	d		428	God:	d		450	G2g:	d
	1035	G5g::	g		484	F8d:	d		598	G3g:	g
	1105	K2g::	g		489	G5d::	d		613	G2d::	d
	1132	G8d:	g		531	F8d:	d		676	G5g:	d
					577	G5d::	g		692	G2d::	d
4	21	G4d:	g		699	G7d:	g		709	G5d::	g
	32	G5d::	g						932	G5d:	d
	331	Kod:	g	8	468	G8d:	g	13	68	G5g:	g
	374	G5d::	g		491	God:	d		204	G5g:	g
	375	G8d:	g		618	F5d::	d		369	G3g:	g
	656	G5d::	g		953	G6d::	g		372	G5g:	d
					964	God:	d		401	G3g::	g
5	88	G5d:	g		995	G6d::	d		447	G5g:	g
	251	G3g::	g		1010	G3d:	d		452	G5g:	g
	277	G6d:	g		1060	G8d:	g		472	G7g:	g
	325	G5g:	g		1070	K2d::	g				

Продолжение таблицы XXVIII

[illegible]

Окончание таблицы XXVIII

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
37	424 709 713 726 728 734 752 986	G8d:: G5g: G5d: G8g:: Gog: G2d: G7d: G2d:	d g d g g d d d	38	1435 1443	G2g: G3g:	d d	41	—	—	—
				39	928 1034 1057 1073 1086 1148	G7d: G7g: G8g: G8g: G5d: G7d:	d g g g d g	42	646	K5d:	d
								43	716 750 752 777 836 905	Kod:: G8d: Kog: God:: Kog: G5d:	g d g d d d
38	693 725 731 841 1231 1237 1255 1300 1340 1397 1398	G5g: K2g: G5d: G4d: G2g: G3d: G5g: G8d: G2g: G5d:	g g d d g d g d d d g	40	789 823 870 1897	G7g: G5g: G5g: G5d:	g g g g		1222 1225 1241 1358 1494 1511 1513 1531	G8d: G5d: God: G2g: G5g: K4g: K2d: G3d:	g g d g g g d g

На графиках точки означают карлики, а пустые кружки—гиганты.

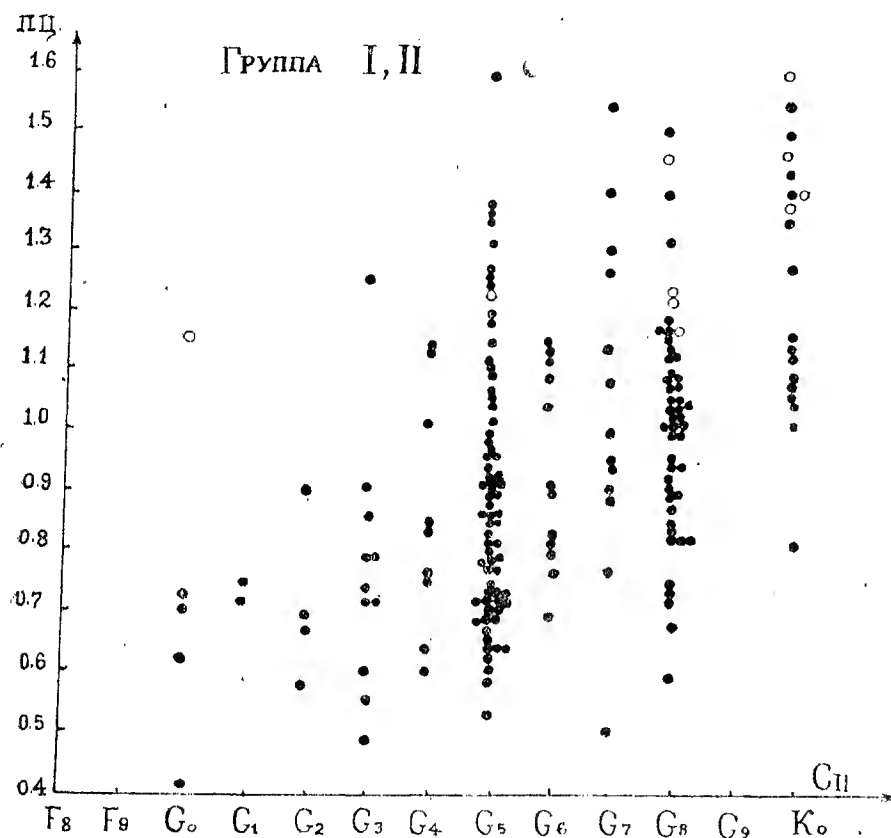
Прежде всего бросается в глаза, что гиганты, почти без исключения, ложатся на графиках выше карликов, как это и должно быть. Далее, среднее значение для всех звезд I и II групп занимает наивысшее положение, а V группы—наименьшее. При этом, разница в положениях более заметна для гигантов. Все это находит простое объяснение, если учитывать поглощение, а также и иметь в виду, что гигантам соответствуют большие расстояния, нежели карликам.

Можно построить аналогичные графики и по тем звездам, которые имеют «уверенные» обозначения в Бергедорфских Каталогах, т. е. обозначения без двосточий. Легко убедиться, что получится картина, в общем—аналогичная последним графикам. Для примера рассмотрим подобные графики для Площадей низких (чертеж 28) и высоких галактических широт (чертеж 29). Правда, рассеяние на чертеже 28 заметно больше, но это объясняется и наличием здесь большего количества звезд-карликов и большего разнообразия в расстояниях. Разница же между графиками чертежа 29 и чертежа 27 незначительна.

Выше было сказано, что из рассмотренных более чем 500 звезд, имеющих сомнительные подразделения, 92 «сомнительных» карлика мы признали за гиганты, а 96 гигантов—за карлики.

Если нанести все эти 189 звезд на график (чертеж 30), то обнаружится, что действительно все без исключения сомнительные карлики займут положение над всеми, без исключения, сомнительными гигантами, что наглядно указывает на неправильность подразделения БСО и справедливость отнесения нами этих звезд к противоположным группам.

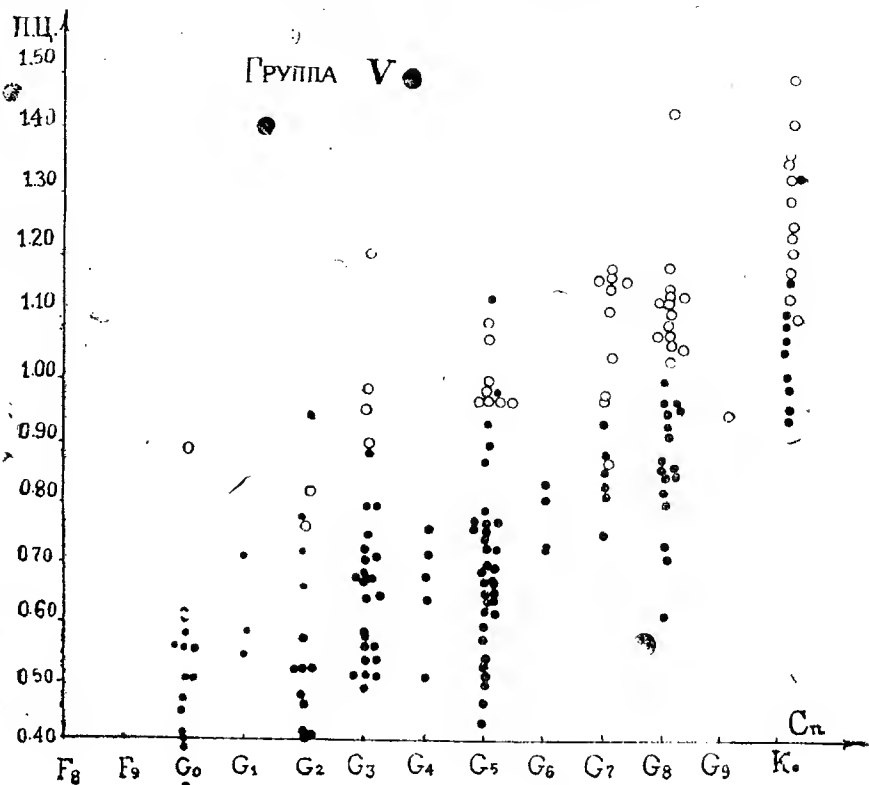
В таблицах средних показателей цвета звезд, имеющих по БСО уверенное подразделение по светимостям, отношение числа гигантов к количеству карликов в группах низких, средних и высоких широт выражается величинами 24%, 28% и 38%, соответственно. Те же отношения, в таблице звезд, условно подразделенных нами, имеют значения: 21%, 27% и 16%. Конечно, эти цифры не выражают реального соотношения гигантов и карликов и их значения могут быть искажены подбором звезд с



Чертеж 28"

обозначениями, но они, тем не менее, дают некоторое указание на вероятность статистически правильного деления нами звезд на гиганты и карлики по признакам цвета. Заметно меньший процент гигантов в Площа-
дях высоких широт вполне естественен, но если он несколько высок для звезд первой из названных таблиц, то лишь потому, что в отношении последних мы стремились подобрать возможно больше звезд с уверенной большой светимостью, с целью проникнуть на большие галактические

расстояния, т. к. эти Площади и без того страдают дефицитом далеких звезд. Всё же распределение звезд по количеству и в зависимости от галактической широты является хорошим критерием для суждения о правильности статистического деления их по светимостям.



Чертеж 29

Мы выполнили соответствующие расчеты, опираясь на формулу для вычисления расстояний с учетом поглощения. Расстояния необходимо вычислять для того, чтобы определять объемы, заключающие в себе данные количества звезд. Поглощение определялось для разных широт по соотношению

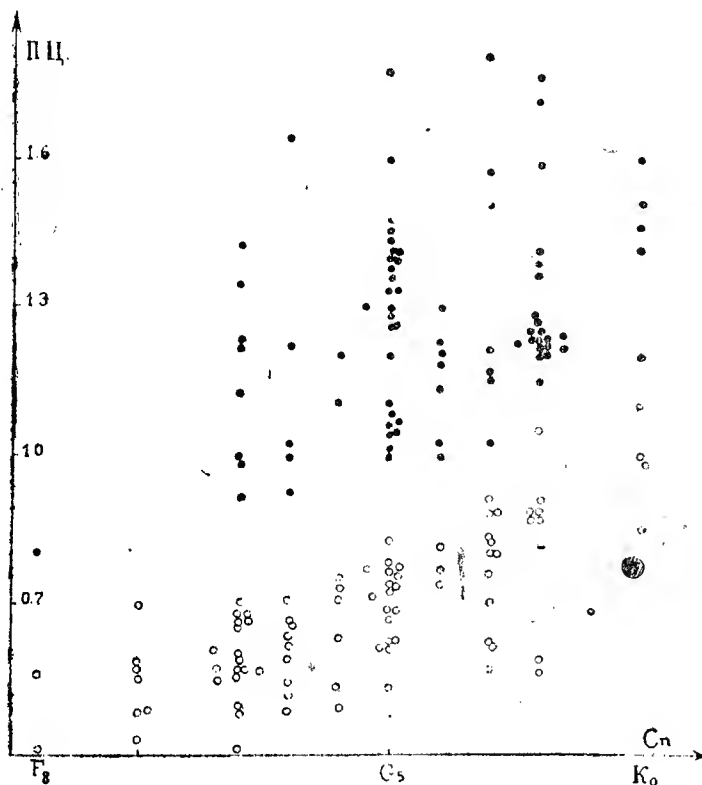
$$A = \gamma \text{ ИЦ}$$

(см. ниже).

Соотношения количеств звезд гигантов и карликов для разных галактических широт повторяли в среднем одну и ту же картину для звезд двух названных здесь таблиц.

Это обстоятельство не только явилось лишним указанием на справедливость (статистически) выполненного нами подразделения, но и послу-

жило нам основанием использовать почти все звезды обеих названных таблиц для того, чтобы произвести общую оценку соотношения количеств звезд разных светимостей для различных галактических широт.



Чертеж 30

Возьмем к примеру звезды типа G0 — G5. Подсчитав их числа для гигантов и карликов отдельно, мы найдем, что количество гигантов по отношению к карликам в процентах выражается следующими числами для Площадей I, II, III, IV и V групп, соответственно:

17, 20, 23, 13, 16 — по последней из двух таблиц —

и 16, 19, 25, 16, 18 — по обеим таблицам.

Подсчитаем теперь объемы, в которых заключены соответствующие числа звезд.

Предельные видимые величины рассматриваемых звезд равны 10.50 и 13.30. Однако, имея в виду, что в наших таблицах содержится мало звезд ярче 10.90 и слабее 13.20 зв. величины, мы можем взять за предельные величины эти два последних значения. Для M следует остановиться на значениях, равных 1.1 и 5.2 зв. величины, как на средних абсолютных величинах звезд gG0—gG5 и dG0—dG5, соответственно.

Если наконец учитывать влияние поглощения, то необходимо вводить в вышеприведенную формулу разные значения A , соответствующие разным галактическим широтам и глубинам. Эти значения поглощения взяты нами на основании данных и соображений, изложенных ниже и представляются в средних величинах следующим образом:

Галакт. широта	A для гигантов m	A для карликов m
0°	2.60	0.40
6.5	2.30	0.30
16.5	1.70	0.20
34.0	0.75	0.10
58.5	0.30	0.00

После этого, пользуясь вышеприведенной формулой, легко вычислить те предельные расстояния для звезд гигантов и карликов, отдельно, которые определяют и соответствующие объёмы.

Эти расстояния имеют следующие значения:

Галакт. широта	Для гигантов	Для карликов
0°	795—275 пс	330—115 пс
6.5	910—315	345—120
16.5	1200—415	365—125
34.0	1860—645	380—130
58.5	2290—795	400—140

Вычисляя соответствующие объёмы пространства, мы находим их отношения для гигантов и карликов и после этого приводим количества гигантов — в % по отношению к количеству карликов — к единице объёма.

Разумеется, нам предстоит сделать еще один шаг.

Объем, занимаемый гигантами, в пределах данных зв. величин и для данной галактической широты, может значительно повышаться над галактической плоскостью, в то время как объём, соответствующий карликам тех же зв. величин и той же галактической широты, может располагаться вблизи галактического экватора ($z = 230$ пс и $z = 1310$ пс для карликов и гигантов ПК группы V, например). В силу существующей галактической концентрации, эти два объема даже приведенные к единице, не могут быть непосредственно сравнимы между собой. Последним шагом в этих расчетах является именно учет галактической концентрации, т. е. приведение количества звезд-карликов в данной единице объема к тому количеству, которое соответствовало бы той же единице объёма, но расположенной на расстоянии данных звезд-гигантов. Вообще было бы лучше сопоставить между собой числа звезд гигантов и карликов, находящихся

фактически во взятом объеме, но для этого надо было бы иметь дело с яркими гигантами и слабыми карликами. Мы же ограничены видимыми величинами 10.90 — 13.20 как для одних, так и для других звезд.

Редуцировав же количества звезд в зависимости от λ , мы окончательно получаем следующие результаты:

Галакт. широта	Количество гигантов по отн. к количеству карликов (для G0—G5) вблизи Солнца
0°	2 _{0/0}
6.5	1
16.5	1
34.0	0.4
58.5	0.1

Конечно, эти выводы требуют подтверждения, которое можно было бы найти в результате подобной обработки более значительного и полного материала.

Но, тем не менее, на их основании мы можем считать, что:

а) соотношения чисел звезд карликов и гигантов, качественно и количественно, остаются одинаковыми для звезд двух названных таблиц и, следовательно, надо думать, что выполненное нами подразделение звезд на гиганты и карлики, на основе показателей цвета, в среднем и статистически — правильно;

б) процент числа гигантов по отношению к числу карликов, для видимых зв. величин от 11 до 13-ой, может быть меньше, чем принято считать для всех звезд в среднем; для звезд высоких широт он совсем незначителен;

в) массовые определения цветов поздних звезд в Площадах Каптейна для возможно широкого интервала видимого блеска могли бы дать серьезную основу для подробного изучения вопроса о соотношении количеств гигантов и карликов в разных галактических направлениях или на разных удалениях от галактического экватора.

Мы приводим ниже список около 700 звезд (таблица XXIX), которые не имеют подразделения в Бергедорфских Каталогах, но которые мы относим к гигантам на основании значений показателей цвета, проверенных при этом с учетом поглощения в данной Площади, а также и с учетом исправленных расстояний.

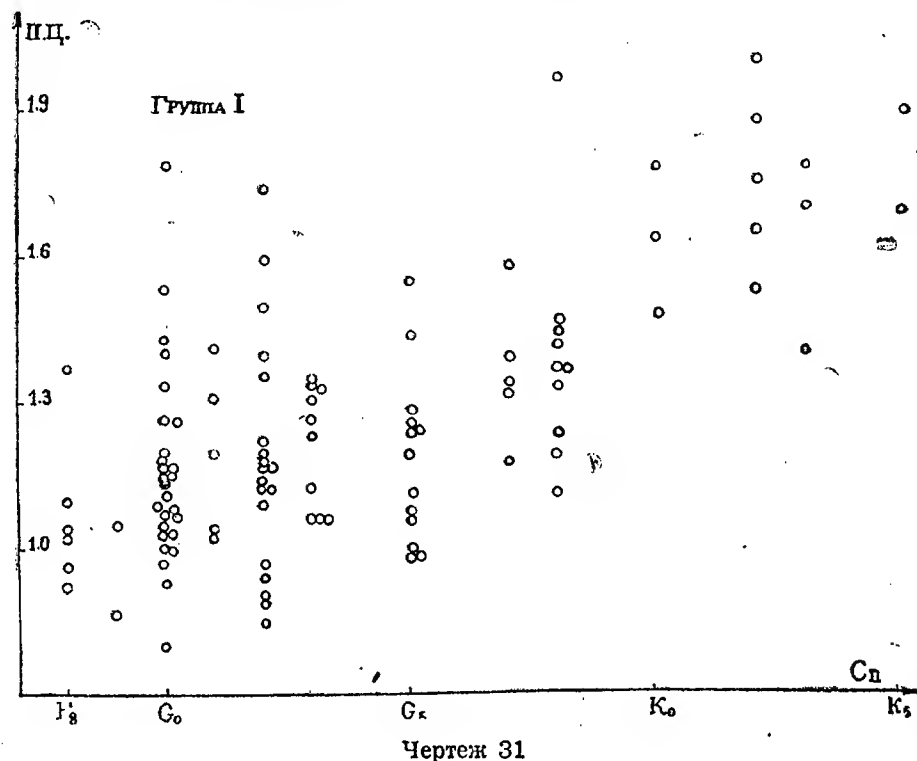
Таблица XXIX

ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО																									
I	296	2	513	3	1083	7	722	10	715	13	493	17	644																									
	384		514		1133		811		717		514		657																									
	420		538				869		863		533		674																									
	421		544		4		59		923		545		18	449																								
	446		610				140		940		630			470																								
	447		611				296		941		662			520																								
	450		617				309		1051		672			523																								
	452		680				325		612					534																								
	459		697				328		614		11			310	14	126	19	594																				
	469		698				338		989					391		294		612																				
	474		730				344		1063					416		311		688																				
	478		758				512		1129					423		321		1016																				
	480		780				530		1221					426		324		1028																				
	482		782				540		1234					437		331		1110																				
	484		797				725							446		336		1135																				
	492		819				5		255					9		402		447	375	20	1165																	
	493		827						568							452		389	1201																			
	497		829						594							459		393	1231																			
	501		835						968							513			1270																			
	523		838						285							1000		520	15		114	19	690															
	525		886						290							1104		521			226		756															
	535		887						402							1667		547			239		783															
	549		899						429									689			264		1078															
	565		908						524							10		62			812		293	21	1150													
	602		955						536									91			868		320		1427													
	605		964						547									102			893		351		677													
	660		987						591									131			906		371		687													
	663		995						754									135			1029		377		1289													
	675		1007						6									101			195		1128		556	20	1327											
	677		1089															247			230		1146		601		1395											
	690		1105															537			246		1256		606		1446											
	700		1148															944			275		12		635		16	1941										
	712		1203															971			277				682			76	2192									
	713		1209															24			285				895			274	2201									
	723		1220															82			290				13			63	17	2214								
	732		1253															120			330							73		331	484							
	II		59															3			292							4		244	5	510	6	208	7	565	8	513
			81																		350									253		511		267		567		567
			171																		352									271		525		290				770
			200																		445									300		554		292		77		1088
			202																		480									339		619		301		388		1146
			272																		608									433		625		323		436		1187
			282																		616									434		629		326		475		1194
			310																		629									442		663		392		515		1209
325		659	457	665		400		528		1213																												
327		700	460	675		407		580		1255																												
334		723	498	677		418		586		1279																												
339		772	536	680	443	587		1302																														
372		807	542	685	463	597		1322																														
379		938	576	690	482	616		1324																														
414			716	693																																		
417																																						
433																																						
445																																						
489																																						

Окончание таблицы XXIX

ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО
21	1388	22	2552	27	980	32	164	35	350	38	596	41	836
	1396		2628		1010		169		363		659		853
			2657		1239		174		384		669		864
22	853		2867				176		365		672		902
	884			28	320		188		372		677		964
	908	23	551		808		198		383		696		981
	916		564		864		206		397		707		1011
	954		603				208		403		714		1018
	958		675	29	74		319		408		724		1019
	986		818		101		336		436		736		1034
	1035		1158		123		406		447		742		1044
	1059		1168		147		428		449		743		1052
	1070		1215		196		440		463		749		1089
	1085		1247		253		570		496		787		1094
	1097		1370		265		590		498		800		1111
	1132		1376		288		626		596		1245		1128
	1166				437		631		653		1236		1664
	1178	24	222		485				670		1312		1723
	1228		295		554	33	24		689		1357		1737
	1304		503				125		706		1402		1739
	1309		541	30	65		191		725				1816
	1323		618		173		373		726	39	1014		1858
	1345		639		181		406		736		1025		2094
	1350				186		447		737		1077		
	1351	25	585		198				756		1143	42	20
	1352		788		221	34	39		757		1204		103
	1357		1066		239		65		777		1266		565
	1371		1069		258		86		806		1269		573
	1379		1075		331		88		819		1286		583
	1412		1093		344		109		830		1923		686
	1420		1116		379		142		850		2082		712
	1422				417		230		1007				721
	1428	26	306		522		233		1023	40	585		1140
	1459		909		533		272				587		1166
	1030		928				288	36	34		496		1167
	2085		1072	31	225		296		42		611		1189
	2088		1791		479		338		198		695		1207
	2133		1186		500		343		246		763		1281
	2148		2511		637		354		296		837		
	2224						376		367		852	43	669
	2229	27	81	32	55		392		375		881		696
	2233		141		77		405		526		888		700
	2238		156		81		495		536		946		701
	2250		203		84		577		616		1636		783
	2275		221		95		644		644		1684		826
	2281		486		107				651		1932		830
	2283		571		109	35	60		659				911
	2310		837		120		157		687	41	739		1228
	2450		857		122		176		1048		759		1256
	2480		912		125		186				800		1276
	2493		952		139		225	37	703		806		1290
	2548		964		154		333				810		1294
					162		345	38	587		814		1370

Чертежи 31, 32 и 33, построенные по звездам таблицы XXIX, иллюстрируют зависимость цветовых показателей от спектрального класса. Они построены также отдельно для Площадей разных групп и общие их характеристики: рассеяние точек, среднее положение и др. приблизительно повторяют картину чертежей 25, 26 и 27, соответственно. Это также является подтверждением тому, что отнесение звезд таблицы XXIX к классу гигантов, в общем, должно быть правильно.

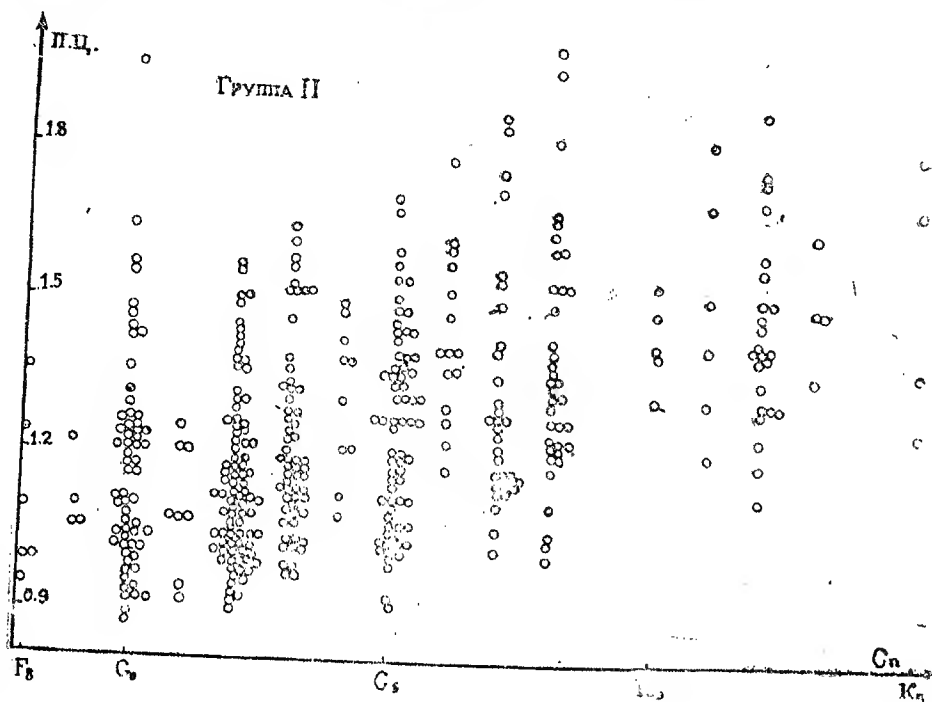


§ 4. Нормальные показатели цвета звезд

Для того, чтобы выведенные средние групповые значения показателей цвета свести к цветовым избыткам, а последние истолковать как пространственное покраснение звезд, необходимо установить нормальные цвета звезд в данной системе. Кроме того, надо вывести истинные расстояния до отдельных групп звезд.

В настоящем параграфе мы займемся вопросом о нормальных цветах звезд, т. е. выведем нормальную, неискаженную пространственным избыточным поглощением зависимость между спектральными классами и показателями цвета звезд.

Правда, имея в виду, что мы располагаем значениями показателей цвета звезд, приведенными к интернациональной системе, мы могли бы не выводить специально нормальных цветов, а пользоваться известной зависимостью, которую можно было бы рассматривать также в интернациональной системе. Однако, независимый вывод системы нормальных цветов имеет все же самостоятельный интерес. К тому же он может служить лишним критерием точности наших определений, при сопоставлениях с другими данными о зависимости показатель цвета — спектр.



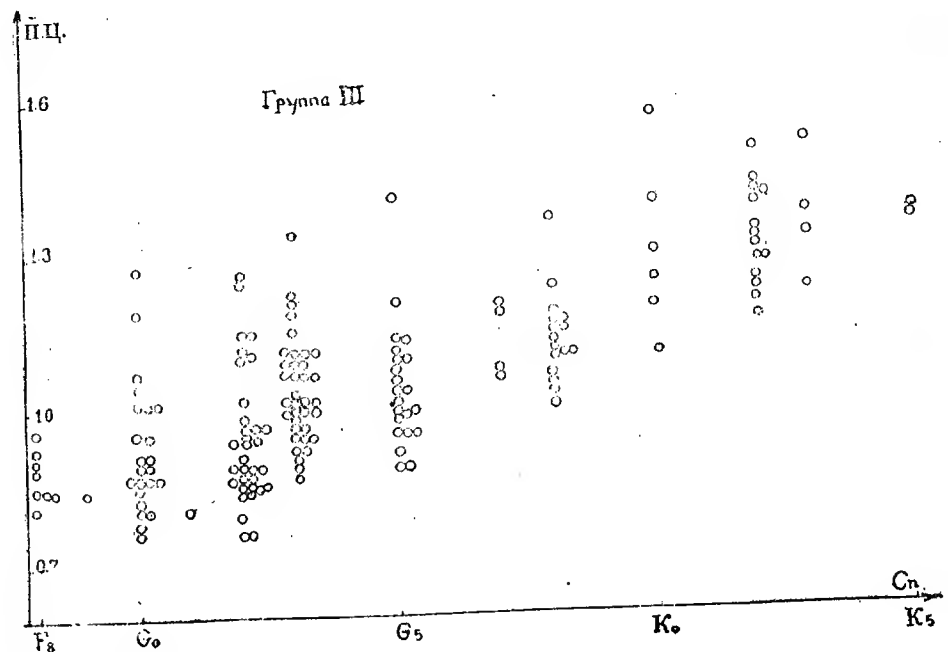
Чертеж 32

Наконец, сопоставление наших показателей цвета звезд, хотя и приведенных к интернациональной системе, с нашей же нормальной зависимостью между спектром и показателем цвета, несомненно даст более точную и надежную систему избытков цвета звезд, ибо и определения цветов всех звезд Каталога и определения нормальных цветов неизбежно отягощены хоть небольшими остаточными систематическими ошибками, обусловленными нашей системой определений.

Вообще же вывод нормальной системы цветов требует весьма осторожного подхода к себе, ибо от него зависит и точность вычислений избытков цвета, которые представляют основу исследования избирательного поглощения света в пространстве. Именно трудности получения дей-

19. Бюлл. Абаст. астрон. обс., № 12

ствительно нормальной связи между показателями цвета и спектральными подклассами заставляли некоторых астрономов относиться с критикой, вообще, к методу цветовых избытков, считая, что этот метод дает обычно преуменьшенное поглощение [432]. Конечно, нет оснований из-за этих трудностей отвергать метод цветовых избытков или умалять его значение, но вывод нормальных цветов безусловно относится к числу вопросов, которые требуют соблюдения всей возможной тщательности в работе.



Чертеж 33

При построении нормальной кривой показатель цвета — спектр, искажающее влияние способно оказать не только то, что может вкратце эффект избирательного поглощения, которому, возможно, подвержены звезды, участвующие в построении этой нормальной кривой, но и то, что может действовать и эффект линий поглощения. Так, например, показатель цвета звезд типа А может повышаться за счет большого поглощения в водородных линиях. Поучительно, что анализ точных гринвичских градиентов 250 звезд типа О, В и А до 4.5 зв. величины показал, что многие из тех звезд, которые Э́льви считал, — судя по показателям цвета, — покрасневшими от избирательного поглощения, имеют нормальные градиенты [287, 1031]. Нет сомнения, что при построении нормаль-

ной кривой показатель цвета — спектр, было бы надежнее привлекать одновременно и спектрофотометрический материал.

Для вывода нормальных показателей цвета мы прибегали к нескольким средствам. Прежде всего, мы воспользовались рядом специальных снимков близких скоплений: Волос Вероники, Гиад, Яслей и Плеяд.

Волосы Вероники, расположенные в направлении, близком к направлению на галактический полюс, удалены от нас всего лишь на 73 парсека [224]. Можно считать, что звезды, являющиеся физическими членами этого созвездия, не отягощены хоть сколько-нибудь заметным поглощением.

То же можно сказать про Гиады, которые хоть и умеренно отстоят от галактического экватора (галактическая широта равна всего 20 градусам), но расположены весьма близко, — на расстоянии в 36 парсеков [758].

Ясли, которые расположены по другую сторону Млечного Пути, имеют удаление в три с половиной раза больше, но и галактическую широту — больше, а именно + 34 градуса. Оба последних скопления находятся при этом в области, расположенной против направления на центр Галактики, в Стрельце.

Таким образом, все эти скопления близки к Солнцу и достаточно удалены от галактической плоскости. Для всех из них имеется спектральная классификация звезд. Однако, они имеют тот общий недостаток, что не обладают звездами типа В.

Именно ради этих последних звезд мы были вынуждены воспользоваться и скоплением Плеяд, хотя и отдавали себе отчет в том, что это скопление, вероятно, погружено в поглощающее облако (и возможно, что туманность Плеяд является частью большой туманности Тельца), что делает её применение для данных целей несколько рискованным.

Туманность в Плеядах была предметом нашего отдельного исследования [203]. Правда, при этом мы исследовали лишь общее поглощение, пользуясь к тому же грубым способом подсчетов звезд по Вольфу. Этими подсчетами была охвачена площадь, окружающая Плеяды и равная приблизительно $3 \times 4^\circ$. Вся эта площадь была разделена на тридцать участков. Но оказалось возможным сгруппировать их в три отдельные группы, составленные из участков, характеризующихся одинаковыми средними поглощениями. Одна из этих групп, огибающая приблизительно третью часть исследованной площади, обнаружила заметное поглощение и на близких расстояниях.

Правда, звезды, использованные нами для нормальных цветов, не проектируются непосредственно на участки этой группы. Но, участки, находящиеся в непосредственной близости от упомянутых звезд, мы исследовали более подробно. Впрочем, во всех случаях исследованные нами

пространства начинались с расстояний, соответствующих, в среднем, звездам 8—9 зв. величины. Звезды же, определяющие нашу нормальную систему, значительно ярче.

Данная туманность расположена в обширной области, известной пониженной прозрачностью, очевидно, занятой массами темного поглощающего вещества. Часть этой туманности, выступающая в виде облака в созвездии Плеяд и являющаяся окраиной частью большого облака в Тельце, состоит, главным образом, из основного сплошного слоя, удаленного от нас расстоянием, соответствующим звездам, преимущественно, 14 зв. величины, что означает среднее расстояние, равное 1000 парсекам. Основной слой облака имеет выступы, приближающиеся к нам до расстояний в 700—600 парсеков. Отдельные клочья этих выступов могут быть расположены и заметно ближе. Кстати, можно считать, что для Плеяд установлено избирательное поглощение, равное, в среднем, 0.16 зв. величины, но меняющееся от звезды к звезде [263]. Однако, если мы, тем не менее, используем яркие звезды Плеяд для вывода системы нормальных цветов, то потому, что имеем в виду, что более точные электрофотометрические исследования или показали, что на близких расстояниях цветовые избытки весьма малы [517], или вовсе не обнаружили последние [904]. Тем не менее, мы, по возможности, ограничили применение звезд в Плеядах для данных целей, используя лишь наиболее яркие звезды, для которых влияние поглощения наименее вероятно.

Надо сказать, что и в Плеядах констатировано поглощение, но оно начинается лишь с расстояния в 140 парсеков [758]. Мы же пользовались звездами скопления, расположенными значительно ближе.

Но мы не считали возможным удовлетвориться лишь звездами близких скоплений. Они преимущественно яркие и снимались, так или иначе, в условиях, отличных от тех, при которых получен весь наш основной материал. А именно, они требовали несравнимо более коротких экспозиций. Поэтому влияние ошибок полярных снимков, о которых мы упоминали во второй части работы, в той или иной степени остающееся для всех прочих снимков, должно было практически вовсе исчезнуть для данных снимков. К способу фотографирования с диафрагмой, дающему возможность увеличить экспозиции, мы не должны были прибегнуть во избежание чисто оптических ошибок, которые могли бы возникнуть в связи с использованием различных частей объективов при накоплении основного материала и тех снимков, которые предназначались специально для вывода нормальных цветов.

Кроме того, нельзя было не считаться с тем, что звезды в скоплениях, физически, могут отличаться от звезд общего звездного поля.

В связи со всеми этими обстоятельствами мы использовали звезды в Каптейновых Площадах, имеющих большие галактические широты и не очень малые видимые, зв. величины. Эти звезды были взяты с тех негативов, которые послужили материалом для вывода показателей цвета звезд Каталога. Одновременно были применены и другие негативы этих же Площадей, специально снятые. Правда, весьма чувствительным недостатком этого второго средства явился дефицит ранних звезд вдали от галактического экватора.

Но мы не могли допустить, что в этих направлениях цвета звезд вовсе свободны от пространственного покраснения. Поэтому, показатели цвета, выводимые для звезд высоких галактических широт, мы все-таки исправляли, уменьшая их на величину 0.05 на 1 кпс¹.

В общем же для вывода нормальных показателей цвета нам удалось использовать немалый и разнообразный материал.

Последний описан в таблице XXX.

Каптейновы Площади, звезды которых использованы для данных целей, расположены на различных галактических широтах от $+48^\circ$ до $+72^\circ$. При вычислении средних значений показателей цвета мы предварительно «взвешивали» отдельные значения показателей цвета, как по признаку галактической широты, так и по признаку расстояния, несмотря на то или пожалуй в связи с тем, что всем им придавалась, как отмечено выше, одна общая поправка. Наибольшие веса приписывались звездам с наибольшим удалением от галактического экватора и наименьшим расстоянием.

Таким образом, для составления нормальной кривой зависимости показатель цвета—спектр в пределах от B5 до F5, мы имели всего 286 звезд, которые распределились по спектрам следующим образом:

4—B5,	1—B7,	9—B8,	7—B9,
23—A0,	25—A2,	23—A3,	34—A5,
1—A6,	1—A7,	22—A8,	1—A9,
22—F0,	1—F1,	30—F2,	26—F3,
		4—F4,	48—F5.

¹ Позднее мы ознакомились с опубликованным в 1950 г. исследованием Н. Ф. Флоря [196], в котором он использует два метода вывода нормальных показателей цвета. Первый из них практически совпадает с нашим способом учета остаточного поглощения, хотя Н. Ф. Флоря проводит этот учет с большей тщательностью. Впрочем последняя не всегда необходима в этой задаче, поскольку так или иначе приходится исходить из некоторой условной, предварительной величины нормального цвета. Численно, наша средняя поправка и поправка Н. Ф. Флоря одинаково малы. Второй способ, предложенный Н. Ф. Флоря, основан на составлении и решении по способу наименьших квадратов некоторой линейной зависимости между нормальным и наблюдаемым показателями цвета и избирательным поглощением в галактической плоскости на 1 кпс. Но знание предварительного значения последнего и здесь необходимо. Кроме того, нельзя считать справедливой линейную зависимость между названными величинами, если считаться с представлением о дискретности поглощающей среды. Пожалуй, лучше пользоваться первым из предложенных Н. Ф. Флоря двух методов.

Таблица XXX

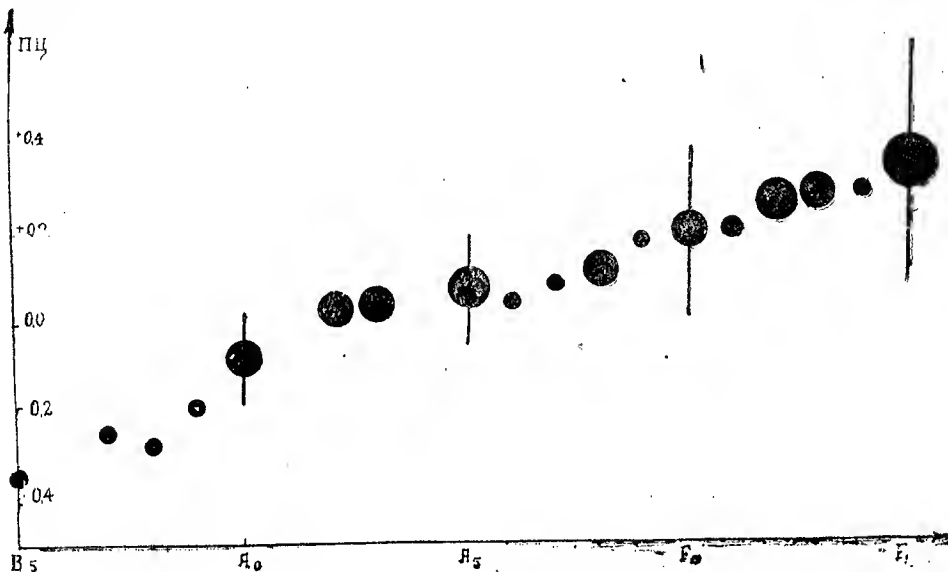
Область	Галактические		Расст. в парсе- ках	№№ негативов	Количество звезд по спектр. классам		
	широта	долгота					
Волосы Вероники	+85°	194°	73	1105, 1106, 1107 1108, 1109 1110	A0(4)	A2(2)	A5(4)
Гиады	-20	148	36	1259, 1260, 1295, 1296, 1564, 1565 1566, 1566g	A2(1) F2(3)	A5(4) F5(4)	F0(4)
Ясли	+34	174	125	1288, 1289, 1289a, 1289b	A0(4) A5(8)	A2(6) F0(10)	A3(10) F2(8)
Плеяды	-22	134	100	1286, 1287, 1295a, 1296a, 1419, 1430, 1431, 1432	B5(4) A0(2)	B8(2) A2(2)	B9(2)
Каптей- новы Площадки	+48°-+72°			Соответствующие не- гативы, использован- ные для вывода по- казателей цвета, а также №№ 853, 854, 863, 864, 879, 880, 895, 896, 957, 958, 1080, 1081, 1326, 1327, 1501, 1502 и другие	B7(1) A0(13) A5(16) A8(22) F1(1) F4(4)	B8(7) A2(14) A6(1) A9(1) F2(19) F5(48)	B9(5) A3(13) A7(1) F0(8) F3(26)

Мы считаем, что указанная зависимость получается у нас достато-
чно надежно. Она несколько отличается от той, которая была опублико-
вана в одной из наших работ в Бюллетенях Абастуманской Обсерватории
[205]. Но это и понятно, т. к. в указанной работе нормальные показате-
ли цвета представлены в нашей системе, не приведенной к интернацио-
нальной. Кроме того, они были основаны на меньшем количестве звезд
и имели значение лишь для предварительных расчетов, как об этом и
сообщалось в Бюллетене. В последующем мы выполнили повторные из-
мерения и дополнительные определения, значительно увеличив количест-
во использованных звезд (с 78 до 286) и уточнив и доведя до конца все
редукции.

Нормальную зависимость мы представляем чертежом 34. Строя нор-
мальную кривую, мы одновременно использовали все звезды — как сла-
бые, так и яркие. Это не могло внести в нашу кривую существенных
ошибок, ибо для каждой звезды, в отдельности, были совершены все
редукции. Вообще же, следует признать, что кривые нормальных цветов
лучше строить отдельно для звезд различного блеска, ибо эффект вели-
чины (уравнение блеска) может несколько исказить картину. Диски на
чертеже 34 приблизительно пропорциональны количеству звезд, вошед-
ших в вычисления средних значений. Поперечные отрезки указывают
рассеяние отдельных значений в ряде мест, соответствующих отдельным

спектральным подклассам и, стало быть, характеризуют точность данной зависимости.

Рассеяние на кривой, представленное поперечными отрезками, края которых определяют пределы рассеяния, нельзя считать значительным. Вообще, рассеяние подобного рода неизбежно и оно всегда заметно у всех авторов, во всех источниках. Оно вызывается не только ошибками в определениях показателей цвета, но и ошибками спектральной классификации. Вместе с тем, имеют влияние и факторы, вызывающие реаль-



Чертеж 34

ное рассеяние; эффект абсолютной величины и др. Естественен и рост рассеяния по мере перехода к поздним звездам.

Средние отклонения для отдельных звезд различных спектров получены следующие:

B8 ± 0.07	F0 ± 0.10
A0 .06	F2 .11
A3 .07	F3 .09
A8 .09	F5 .10

Построенную нами зависимость мы могли сравнить со многими определениями других авторов. При этом, сравнение осуществимо как с кривыми, представляющими общую зависимость, так и со звездами в отдельных областях или скоплениях.

Определения, с которыми мы сопоставили наши нормальные показатели цвета, принадлежат Сэйферту и Попперу [863], Клифферу, Бэйкеру и Боку [365, 600], Кинану и Бэбкоку [599],

Бекеру [338], Моргану [706] и наконец Сирсу [844,850,851]. Первые из перечисленных работ не очень точны и устарели. Зато работы, принадлежащие последнему из перечисленных авторов, значительно надежнее. Значения Сирса исправлены за счет освобождения от дифференциальных эффектов температуры на избыток цвета и на атмосферную экстинкцию. Последним автором нормальная зависимость вычислена теоретически, у других же она выведена на основе данных наблюдений. Наконец, мы провели сопоставление с определениями в скоплении Волос Вероники, принадлежащими Мальмкисту [649] и приведенными к интернациональной системе Трэмплером [969], а также и с данными Стоя [924], относящимися к звездам от 7 до 10 зв. величины в скоплениях Плеяд, Гиад и Яслей.

Правда, согласие с последними неважное, но мы склонны отнести этот факт за счет используемых Стоем фотовизуальных величин, которые для названных скоплений не очень хорошо определены в интернациональной системе. Зато, сопоставления с другими данными дают достаточно удовлетворительную картину.

В заключение приведем небольшую таблицу XXXI со сведениями основных данных, определяющих нормальную зависимость,

Таблица XXXI

Спектр	Сейферт, Поппер. [863]	Кифер, Бэйкер, Бок [600]	Кинан, Бэбкок [599]	Бекер [336]	Морган [704] [705]	Сирс [844]	Сводка П. П. Па- ренаго. [134]	Наши значения
B8	-0.33		-0.11			-0.29	-0.29	-0.27
A0		-0.01	-0.05	-0.08	-0.05	-0.18	-0.15	-0.08
A5			+0.04	+0.05	+0.07	-0.01	0.00	+0.08
A8				+0.14		+0.07	+0.07	+0.13
F0			+0.10	+0.19	+0.15	+0.12	+0.12	+0.22
F3				+0.29		+0.23	+0.19	+0.31
F4				+0.29		+0.23	+0.22	+0.32

Расхождения с данными Сирса в той степени, в какой они наблюдаются в данной таблице, вполне допустимы, если иметь в виду способ вывода этой зависимости, примененный Сирсом.

Данные Бекера наиболее подходят к нашим условиям, как в смысле метода определения цветов, так и в отношении характеристик цветовых систем, и в таблице обращает на себя внимание очень хорошее согласие между собой значений Бекера и наших.

При выводе нормальной кривой зависимости показатель цвета — спектр, когда этот вывод основывается на определениях, где в качестве редуционных звезд служат звезды Севериной полярной последовательности, необходимо считаться с тем фактом, что сами стандартные звезды Севериной ряда расположены в области, которая не свободна от влияния

поглощения¹. Это весьма заметный недостаток звезд Северной полярной последовательности, представляющей собой один из наиболее важных и основных рядов, служащих целям фотометрических редукиций. В силу этого недостатка делается затруднительным использование звезд Северного ряда для построения стандартной зависимости. Дело осложняется вдобавок еще тем обстоятельством, что имеются систематические ошибки в спектральной классификации звезд Северного ряда, доходящие до одного подкласса [598]. Впрочем, произведенная реклассификация звезд В8—А5 показала незначительность влияния этих ошибок.

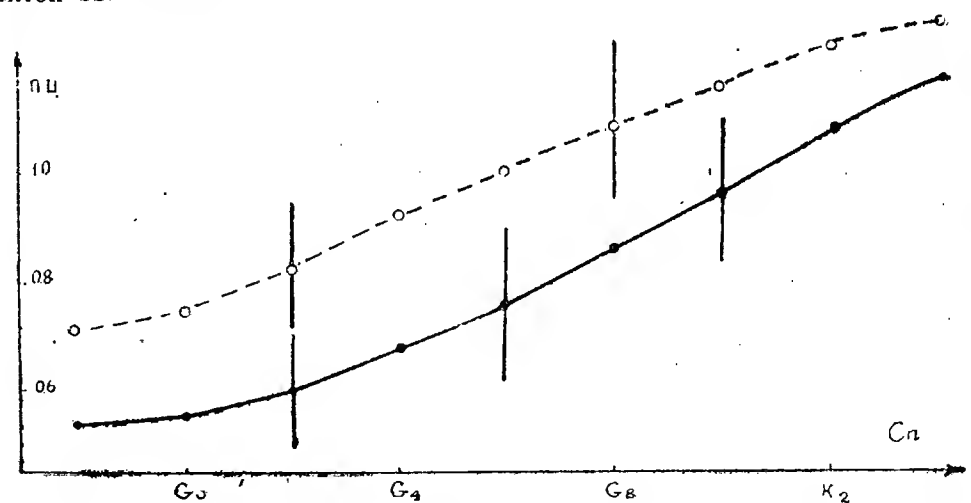
Строго говоря, поглощение в области Северной полярной последовательности должно учитываться, если мы хотим вовсе избежать систематических погрешностей, обусловленных при редукициях различием двух, связываемых между собой, областей. По существу надо пользоваться ре-

¹ Еще 18 лет тому назад, при исследовании спектров и звезд в Северном галактическом полюсе было отмечено, что в местах, отличных от Северного полюса мира, звезды А0 синее, чем в области Северного полюса [877]. Это явление нашло подтверждение и в других работах [840]. Известные подсчеты Хаббла также обнаружили дефицит внегалактических туманностей в области Северного полюса. Это нашло выражение и в том, что зона избегания в области около галактической долготы 90° расширяется до 27° градусов по северной галактической широте. Это послужило поводом к попыткам оценки величины поглощения и даже расстояния до поглощающего облака в направлении на Северный полюс мира ([875] и др.). Вместе с тем было констатировано наличие и избирательного поглощения в том же направлении и были сделаны оценки величины покраснения [841, 875, 876, 883, 527, 338]. В конце тридцатых годов вопрос о поглощении в Северном полюсе стал предметом подробных исследований и дискуссий [911, 905, 732, 599]. Уже в 1938 году Международный Астрономический Союз признал, что звезды Северного полярного ряда имеют цветовой избыток, достигающий 0.10 зв. величины в интернациональной системе (Trans. J. A. U. 6, 1938, [501]). В сороковых годах появились работы, пролившие свет на этот вопрос. Эти работы принадлежат Стеббинсу [908], Сирсу и его коллегам, опубликовавшим Каталог величин и цветов звезд севернее склонения $+80^\circ$ ([855] и др.). Каталог Сирса представляет собой большой материал, на основе которого поглощение может быть исследовано в обширной полярной «шапке», хотя звезды этого Каталога недостаточно слабы, а спектральная классификация для них не является полной. В других работах Сирса этого периода [844, 850] дано определение среднего избытка цвета в Полярной области как функции расстояния. Согласно выводам автора, до 400 парсеков истинного расстояния, цветовой избыток возрастает на 0.06 зв. величины на каждые 100 парсеков. На отрезке от 450 до 700 парсеков он имеет приблизительно постоянное значение около 0.27 зв. величины. Если следовать закону обратной пропорциональности первой степени длины волны, это означает фотографическое поглощение в 1.3 зв. величины. Правда, Сирс считает, вместе с тем, поглощение довольно однородным на большой поверхности в области Полюса, но, тем не менее, он обнаруживает разные цветовые избытки для звезд, расположенных в разных направлениях. Почти во всех подобных исследованиях сороковых годов авторы приходили к согласным выводам о наличии заметного пространственного покраснения в области Северного полюса. Единственный же противоречащий результат, принадлежащий Мартину [660], ошибочен в связи с игнорированием им вопроса зависимости цветов от величины для звезд, помещенных в известном каталоге Сирса, на данные которого он основывал свое исследование. (Из последних работ см. также [706]).

дукционной формулой, состоящей из четырех членов: нуль-пункт, блеск, цвет, разность коэффициентов поглощения (см. Т. А. Кочлашвили [79]).

Поглощением в Северном полюсе объясняется тот факт, что многие авторы нашли в качестве нормального цвета звезд А0 отрицательные величины. Когда в 1915 году устанавливали нуль-пункт международной фотографической шкалы [834], об избирательном поглощении в Северном полюсе ничего не было известно. Естественно, поэтому, что принятый нуль-пункт не оказался соответствующим звездам А0 в тех областях, которые совершенно свободны от влияния поглощения. Действительно, для звезд сравнения для Эроса был получен средний показатель цвета звезд А0 равным -0.14 зв. величины, при базировании определений на редукциях по звездам Северного полярного ряда. Мы имеем в виду результаты работ [779 и 856], которые относятся к наиболее совершенным, а по системе величин — к наиболее близким к интернациональной системе из многочисленных определений подобного рода. Позднее, Стеббинс сообщил о том, что для многих звезд типа А0 в разных местах неба получается цветовой показатель, равный -0.16 зв. величины, в интернациональной шкале. Согласно данным новейшей ревизии [850, 851], в которой соотношение показатель цвета — спектр исправлено за счет эффектов второго порядка, показатель цвета звезд типа А0 в Полюсе, освобожденный от поглощения, равен -0.15 зв. величины.

Вполне естественно, поэтому, что мы получаем в качестве нормального цвета звезды типа А0 отрицательную величину порядка одной десятой зв. величины.



Чертеж 35

Вывод нормальных цветов для поздних звезд основан на негативах, относящихся к скоплениям Гиад и Яслей, а также к Площадям, расположенным на больших галактических широтах. В основном использован тот же негативный материал, что и при выводе цветов ранних звезд. Всего измерено для этой цели более 200 звезд, относительно равномерно распределенных по отдельным спектральным подклассам. Нормальная зависимость показатель цвета — спектр для поздних звезд представлена чертежом 35. Пунктирная линия относится к гигантам, сплошная же — к карликам.

На этом чертеже, также как и на предыдущем, поперечные отрезки характеризуют рассеяние. Средние отклонения для отдельных звезд различных подклассов имеют следующие значения:

dG 2	± 0.09	gG 2	± 0.09
dG 6	.13	gG 8	.12
dK 0	.10	gK 2	.12

Если сопоставить значения показателей цвета, снятые с кривых последнего чертежа, с наиболее современными данными (по Сирсу), то можно убедиться в хорошем согласии результатов (таблица XXXII).

Таблица XXXII

Спектр	Сирс	Сводка П. П. Паренаго	Наши значения
dG0	0.46	+0.38	0.55
dG5	0.70	+0.64	0.72
dK0	0.98	+0.87	0.97
gG0	0.67	+0.58	0.75
gG5	0.87	+0.76	0.95
gK0	1.19	+1.02	1.11
gK5	1.40	+1.42	1.3

§ 5. Средние расстояния до отдельных групп звезд и их исправление за поглощение

Наряду с выводом избытков цвета для отдельных групп звезд необходимо вычислить и средние, т. е. относящиеся к отдельным группам, расстояния. При этом, последние должны быть истинными, т. е. освобожденными от поглощения. Лишь сопоставлением избытков цвета с истинными расстояниями сможем мы исследовать действительное распределение избирательно поглощающего вещества в пространстве.

Исходными данными для вычисления расстояний мы можем считать средние видимые фотографические звездные величины и средние абсолютные фотографические величины соответствующих звездных групп. Тогда, для вычисления расстояний послужит известная формула:

$$m - M = 5 \lg r - 5 \quad (12)$$

В таком виде эта формула не учитывает влияния поглощения света. Этот последний вопрос мы рассмотрим ниже. Теперь же заметим, что при расчете расстояний по этой или аналогичным формулам, для m мы берем те значения, которые являются аргументами в наших таблицах средних избытков цвета или средних показателей цвета (см. выше в § 2). Что касается абсолютных величин M , то примем для них установленные значения, относящиеся к тем спектральным подклассам, которые определяются вторыми аргументами в тех же таблицах средних показателей цвета, т. е. — спектрами. В поисках наимвероятнейших значений абсолютных величин мы обращались к разным источникам [600, 365, 338, 374, 376 и др.] и остановились на данных П. П. Паренного [134], считая их наиболее современными, надежными и в большинстве случаев — учитывающими поглощение света.

Примененные нами значения абсолютных фотографических звездных величин, относящиеся к различным подклассам, сведены в таблицу XXXIII.

Таблица XXXIII

Спектр	M	Спектр	M	
			карл.	гиг.
B3	—2.8	F8	4.5	0.9
B8	—0.8	G1	5.0	1.0
A1	+0.7	G4	5.5	1.2
A4	1.8	G7	6.1	1.3
A8	2.7	K1	7.1	1.4
F1	3.3	K4	8.0	1.4
F4	3.8	K8	9.2	1.4

Принимая эти значения абсолютных величин, мы вычислили видимые расстояния, соответствующие взятым нами группам звезд. Они приведены в таблицах XXXIV и XXXV в виде модулей расстояния, а также и в парсеках.

Для поздних звезд расстояния будут, естественно, меньше, если не говорить о видимо слабых гигантах, которым соответствуют большие расстояния.

Таблица XXXIV

	B3	B8	A1	A4	A8	F1	F4
10.25	13.05 4075	11.05 1020	9.55 815	8.45 490	7.55 325	6.95 245	6.45 195
10.90	13.70 5495	11.70 2190	10.20 1095	9.10 660	8.20 435	7.60 330	7.10 265
11.65	14.45 7760	12.45 3090	10.95 1550	9.85 935	8.95 615	8.35 470	7.85 370
12.40	15.20 10960	13.20 4365	11.70 2190	10.60 1320	9.70 870	9.10 660	8.60 525
13.00	15.80 14445	13.80 5755	12.30 2885	11.20 1740	10.30 1150	9.70 870	9.20 690

Таблица XXXV

	F8		G1		G4		G7	
	к	г	к	г	к	г	к	г
10.25	5.75 140	9.35 740	5.25 115	9.25 710	4.75 89	9.05 645	4.15 68	8.95 615
10.90	6.40 190	10.00 1000	5.90 150	9.90 955	5.40 120	9.70 870	4.80 91	9.60 830
11.65	7.15 270	10.75 1415	6.65 215	10.65 1350	6.15 170	10.45 1230	5.55 130	10.35 1175
12.40	7.90 380	11.50 1995	7.40 300	11.40 1905	6.90 240	11.20 1740	6.30 180	11.10 1660
13.00	8.50 500	12.10 2630	8.00 400	12.00 2510	7.50 315	11.80 2290	6.90 240	11.70 2190

	K1		K4		K8	
	к	г	к	г	к	г
10.25	3.15 43	8.85 590	2.25 28	8.85 590	1.05 16	8.85 590
10.90	3.80 57	9.50 795	2.90 38	9.50 795	1.70 22	9.50 795
11.65	4.55 81	10.25 1120	3.65 54	10.25 1120	2.45 31	10.25 1120
12.40	5.30 115	11.00 1585	4.40 76	11.00 1585	3.20 44	11.00 1585
13.00	5.90 150	11.60 2090	5.00 100	11.60 2090	3.80 57	11.60 2090

Но вычисленные таким образом расстояния являются искаженными поглощением света. Необходимо редуцировать их, освобождая от этого последнего влияния.

Редукция расстояний за счет освобождения от поглощения возможна на основе соотношения между истинным и искаженным расстояниями, представляемого формулой:

$$\lg r = \lg r' - \frac{ar}{5000} \quad (13)$$

Здесь r есть истинное расстояние до звезды, r' — видимое, т. е. искаженное поглощением; a есть величина общего поглощения света на один килопарсек, относящаяся к данным лучам.

Уравнение (13), будучи трансцендентным относительно r , решается путем последовательных приближений. Значения для r' должны быть взяты из таблиц XXXIV и XXXV, а для a берется некоторое среднее значение коэффициента общего поглощения.

Однако, мы видели в первой части данной работы, сколь ненадежно применение одного среднего значения коэффициента поглощения для разных направлений. В отдельных направлениях поглощение может на самом деле в три раза и более превосходить значение среднего коэффициента. Чтобы удалить произвол, или, по крайней мере, уменьшить вытекающие из него погрешности, лучше брать, пожалуй, для разных направлений разные значения коэффициента a , соответствующие определениям поглощения в данных направлениях. Таким путем мы лучше приблизимся к действительно истинным расстояниям. Обычно, при пользовании формулой (13), значения a не дифференцируют. Мы также не дифференцировали его по отдельным направлениям при предварительной обработке нашего материала [205]. Между тем, при разности в коэффициентах, например в 2 раза (1 зв. величина в одном случае и 2 зв. величины — в другом), разность редуцированных расстояний для видимого, т. е. искаженного расстояния, равного 2000 парсеков, достигает 150 парсеков. Различия же в поглощениях встречаются значительно большие.

При применении формулы (13) не только целесообразно пользоваться различными значениями a для различных направлений, но и необходимо также учитывать галактическую широту данного направления в смысле определения той границы на пути луча, после которой отрезок пути можно считать относительно свободным от поглощения или находящимся вне «поглощающего слоя». Правда, такие рассуждения означают, что мы допускаем распространение галактического поглощающего вещества в виде резко очерченного экваториального слоя. Но мы указывали уже на несостоятельность подобного допущения. Однако, при средних оценках тем не менее приходится пользоваться такими понятиями и представлениями, за неимением более точных. Кроме того, ведь нарастание или, наоборот, отсутствие нарастания цветового избытка, по мере увеличения расстояния, дает нам возможность контролировать наше представление о «границе слоя» в данном направлении. С другой стороны,

общее поглощение в данном направлении можно вычислить, пользуясь фактором перехода от избытка цвета к общему поглощению:

$$A = \gamma \text{ ИЦ} \quad (14)$$

Этот фактор же может быть вычислен из значений тех длин волн, к которым эффективно относятся данные определения. Тогда редукцию расстояний можно производить непосредственно по формуле:

$$\lg r = 0.2 (m - M - \gamma \text{ ИЦ}) + 1. \quad (15)$$

Правда, остается некоторая неуверенность в отношении значения γ , которое, во-первых, может меняться в различных галактических направлениях, а, во-вторых, как известно, не учитывает нейтральной составляющей поглощения и, следовательно, отношение $\gamma \text{ ИЦ}$ дает лишь нижний предел общего поглощения. Но, тем не менее, пользование формулой (15) является, пожалуй, одним из наиболее надежных средств вычисления исправленных за поглощение расстояний.

Мы избрали именно этот путь, а за значение γ приняли величину 5.2. Мы исходили из того, что, во-первых, избытки цвета брались в системе, близкой к интернациональной (по редуцированным показателям цвета, заключенным в публикуемом в настоящей работе Каталоге, и выведенной нами нормальной зависимости между спектрами и цветами звезд). Во-вторых, мы учли неизбежное влияние нейтральной составляющей поглощения и несколько завысили среднее — «интернациональное» — численное значение γ .

Нашим рабочим таблицам средних показателей цвета (не публикуемым в настоящей работе) соответствуют 105 значений расстояний. Из них 35 относятся к ранним звездам, сгруппированным по семи спектральным интервалам и пяти интервалам видимых зв. величин (таблица XXXIV) и 70 — к карликам и гигантам, сгруппированным по отдельности, также по семи спектральным интервалам и пяти интервалам блеска (таблица XXXV). Однако, после исправления расстояний за поглощение, они, естественно, принимают самые различные значения, зависящие еще от величины избытка цвета в данном направлении.

§ 6. Средние избытки цвета звезд для отдельных истинных расстояний

Имея нормальную зависимость показателя цвета от спектрального класса и средние групповые показатели цвета звезд, легко вычислить средние избытки цвета и сопоставить их с истинными расстояниями, вычисление которых описано в предыдущем параграфе. Эти данные сведены в нижеследующие таблицы XXXVI, которые построены следующим образом. Аргументами служат исправленные за поглощение расстояния, выраженные в парсеках. Для каждой Площади даны три ряда

(столбца) значений цветовых избытков. Первый из них относится к звездам типа от В0 до F5, включительно. Второй и третий — к гигантам и карликам, соответственно, — от F0 до K5. При этом в эти два последних ряда входят как те звезды, которые имеют подразделение по светимостям (по БСО), так и те, которые мы сумели подразделить условно по признаку цвета. Опытное построение кривых показало, что выделять эти две группы звезд и представлять их избытки цвета раздельно — нет необходимости; звезды, имеющие обозначения (но, в ряде случаев исправленные нами), и звезды, отнесенные нами к группам гигантов и карликов, довольно хорошо представляются общими кривыми. Все Площади имеют разные и самостоятельные ряды значений расстояний. В каждом отдельном случае они обуславливались количеством звезд, наиболее характерными местами (переломами) и т. п.

Точность построенных таблиц определяется не только одной точностью определения показателей цвета. Привлекая к рассмотрению целый ряд других данных, как то: абсолютные величины, спектры и т. д., мы накапливаем ошибки, которые все вместе обуславливают точность поглощения.

Рассмотрим прежде всего ошибки, присущие спектральной классификации. Составляя исходные таблицы для вычисления средних показателей цвета, мы группировали звезды в отдельные группы спектральных подклассов. Для них мы устанавливали средние значения спектрального подкласса. По этим средним значениям вычислили и расстояния, беря абсолютные величины соответственно им. Следовательно, группирование звезд различных спектральных подклассов в средние подклассы уже вносит свои погрешности. Имея в виду, что звезды объединялись в пределах двух-трех подклассов, мы можем считать, что могли возникать ошибки абсолютных величин в пределах от 0.3 до 0.8 величины для ранних и поздних звезд главной последовательности. Эти ошибки могли быть большими, если бы мы не обратили внимания на наиболее целесообразное группирование звезд по спектральным подклассам, о чем сделаны замечания в начале данной главы.

Но, наряду с этим, неизбежны и ошибки самой спектральной классификации, чего также нельзя игнорировать. Эти ошибки особенно заметны в классификации, основанной на спектрах малой дисперсии, как это имеет место, в частности, для случая использованного нами Бергедорфского Спектрального Каталога. Это обстоятельство усугубляется тем, что ряд новых исследований показал, что почти все существующие классификации подвержены ошибкам, которые зависят от блеска звезд. Этим ошибкам подвержены все классы, но они различны для разных подклассов. Они меньше для ранних А и для гигантов типа К. Для промежуточных классов они могут достигать и трех подклассов, в то время, как

для крайних они не превосходят одного подкласса и преимущественно остаются равными 0.5 подкласса.

Разумеется, для отдельных каталогов могут быть еще систематические ошибки, значительно отличающие их от приведенных здесь характеристик.

Если исходить из анализа данных, приведенных в вводных частях двух томов Каталога БСО, то надо считаться с наличием в последних ошибок спектральной классификации от одного до одного и трех четвертей подкласса [832, 833, 849, 850, 851, 729 и др.].

Далее, имеется дисперсия в цветах для звезд данного спектрально-го класса и, следовательно, нормальные показатели цвета также берутся с некоторой ошибкой. По [850], дисперсия цветов для звезд от В до К2 в среднем равна ± 0.04 зв. величины. Для поздних К она еще больше—до 0.1 величины. У нас дисперсия нормальных цветов в среднем около 0.1 зв. величины.

Значения абсолютных величин, вводимые в наши вычисления расстояний, вносят со своей стороны свои погрешности, при наличии реальной дисперсии, которую во всяком случае нельзя считать меньшей 0.5 зв. величины.

Не следует забывать и о том, что коэффициенты формулы, использованной нами для редукции показателей цвета звезд к интернациональной системе, также определены с известными погрешностями.

Таким образом, может создаться впечатление, что вычисления избирательного поглощения настолько обременены многими и разнообразными ошибками, что результаты не могут внушать доверия. Это действительно было бы так, если бы вычисления опирались на единичные звезды. В самом деле, индивидуальные звезды могут дать поглощение с огромной погрешностью. Если в одном случае мы будем исходить из тех или иных известных данных в отношении абсолютной величины, спектра, видимой звездной величины, поглощения, нормального цвета и т. д., а в другом случае возьмем для той же звезды крайние значения этих величин, допустимые средними погрешностями, при этом заведомо возьмем ошибки с такими знаками, которые могли бы особенно увеличить эффект, мы получили бы для поглощения два значения, которые могли бы отличаться одно от другого в три, пять и более раз.

Но, при использовании массовых определений, все рассмотренные погрешности действуют в разные стороны и средние значения поглощения получаются с несравненно большей точностью.

Количество звезд, привлекаемых нами к исследованию избирательного поглощения в Галактике, намного превосходит те, которые встречаются в старых или новых исследованиях подобного рода.

20. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

Таблица XXXVI

ПК 1			ПК 3			ПК 5		
65 пс	0.07		60 пс	0.14		1150	14	
95	06		80	17		1230	09	
140	08		105	18		1245		16
225 0.03	05		135 0.15	20		1515	17	
245	09		150 22			1550		16
280 05	09		175	22		1590		19
300	11		205 20			1625	24	
335 11			240	22		ПК 5		
395 09			250 21			50 пс		0.02
445 11			265 24			90		02
475 16			275 28			135		04
530 0.21			285	23		185		04
555 19			300 27			240	0.04	07
610 16			320 31			275	06	05
725 22			340 0.31			370	00	03
750 27			360 37			455	05	03
815 27			395 38			530	07	
890 24			430 31			600	08	
1000 27			470 36 39			630	08	0.13
1045 31			565 41			700	09	09
1075 36			595 37			740		
1125 36			645 32			760	08	16
			695 48			830		17
			795 42			900		
			875 42			1080	15	18
			965 40			1130		20
			1040 46			1175		23
						1320		
						1390	21	21
						1515		
						2290	27	
						ПК 6		
						50 пс		0.05
						75		06
						110		04
						150		06
						200		05
						280		04
						330		07
						395 0.05		
						435		06
						525 07		09
						600 06		
						605 0.07		
						655 09		

ПК 2		
90 пс	0.13	
140	12	
180	11	
235 0.10	10	
280 17	16	
310 22		
365 24		
380 23 0.29		
410 29		
445 27		
460 32		
500 24		
550 23		
595 30		
620 39 39		
750 35 32		
790 34		
815 41		
830 42		
880 22		
975 43		
1185 40		
1785 76		

ПК 4		
80 пс	0.06	
130	05	
155 0.05		
185	07	
225		
265 07		
275	05	
320 03	08	
410 09	09	
450 0.14		
480 05		
525 12		
540 16		
660 09		
720 11		
915 15		
955 14		

ПК 6		
50 пс		0.05
75		06
110		04
150		06
200		05
280		04
330		07
395 0.05		
435		06
525 07		09
600 06		
605 0.07		
655 09		

Исследование избирательного поглощения света

307

740		11	670	49		690		40
995	04		750		40	715	30	34
1480		18	790	44		770	31	
1580		19	990	48		805		37
ПК 7			1020		44	820	41	
35 пс		0.16	1065	61		875		35
75		21	1310	57		965		35
105		18	1800	74		990	37	
150	0.13	18	2190	77		1110	40	
165	20	24	ПК 9			1480	45	
220	27	23	58 пс		0.17	1805	61	
240		21	78		16	ПК11		
250	29		105		28	75 пс		0.01
270		26	120	0.34		105		03
280	30		140		28	130		01
305	33		220	37	29	170		02
355	37	0.33	270		35	220		02
375	36		280	43		240		03
390	43		325		0.49	260	0.02	06
460	47	45	350	46		325		09
480	49		405		44	355	04	
505	48		420	32		385		03
525	47		475	41		440	04	
555		51	505		49	510		0.07
675	49		520	46		555	09	
770		50	620		45	595		12
980	45		640	49		610	14	
1415	47		675		49	710	11	
			760	55		965	13	
ПК 8			795		48	1080		16
60 пс		0.07	810	48		1215		25
95		09	1000	47		1230	10	
122		09	1550	52		1300		20
168	0.19		1700	52		1320	21	22
185		12	ПК10			1480		24
196	23		125 пс		0.13	ПК12		
228	25		180		12	100 пс		0.05
240		19	215		16	130		04
295	29		235	0.22	19	230		04
335	29		275		18	275		04
380	37	0.33	285	25		370		02
410	31		310	28	23	415	0.04	
475		36	360	29	0.35	525	00	
522	38		415	33		575		0.05
545	39		525		33	645	03	
585	42		555	28	32	685		10
600		45						

308

Глава четвертая

750	06		830	05		1130	15	
770		09	925		12	1165		11
860	07		1380		08	1220	10	
1000	09		1435		08	1275	13	
1100		19	1740	10		1410		18
1240	12		1805		10	1445		19
1380	19		1820		13	1515		14
1450		16				1700		16
1550	26		ПК15			ПК17		
ПК13			110 пс		0.03	75 пс		0.10
75 пс		0.00	130	0.01	03	125		10
110		02	190		04	165		10
135		03	225			235		13
170		02	250	02		265	0.14	
190	0.01		325	04		315	15	
230	03	03	370		04	340		17
250	02	04	465	05	04	355	23	
280		04	510		0.06	435	23	0.26
315	02		540	08		470	22	
340	05	06	590	05		555	24	26
460	03	06	740	07	06	630	25	
575	08	0.05	760	06		665		27
740		08	840		12	805		30
950	06	10	950	08		835	23	
1025		06	1000		07	1060		34
1275		09	1220		11	1075	30	
1340	08		1275		11	1140		31
1405		07	1415	09		1350	34	
1500		12	1495		14	1600	43	
1655		14	1615		13			
1750		12	1780		16			
2265	13		2140	15		ПК18		
ПК14			ПК16			50 пс		0.06
65 пс		0.04	70 пс		0.03	70		04
110		05	115		03	105		11
150		04	195		04	150	0.10	09
185		04	230		03	170		14
210	0.02	05	295	0.04	02	195	10	
260		04	320		05	230	20	14
285	06	03	450	02	04	245	26	
340		06	510	02		270	31	
475	04	03	575		0.05	290		0.33
535		0.06	645	03		305		30
560	04		775		05	330	36	
725	08		795	01		365		16
775		06	835		05	420	36	
			990		09	500	33	33
						550		39

Исследование избирательного поглощения света

309

590	34		565	13		375	13	
630	37		595		0.16	465	12	
675	39		630	12		480	14	
730	38	35	730	15		525	15	
850		37	815	12		540		0.18
870	44	44	890	25		580		17
900		38	935	18		615	14	
1290	39	38	975		18	660	18	
1500	44		1000	21	18	730	25	24
1585	39		1070	30		780		21
			1110	40		830	28	
ПК19			1190	40	36	890		31
45 пс		0.06	2000	45		935	23	
90		07	3400	47		1015		27
155		10				1215	25	28
170	0.19		ПК21			1285		28
230		10	45 пс		0.07	1340	35	
245	15		115		08	1420	44	
305		16	205		10	1605	42	
330			245	0.04	11			
350	18	0.23	265	09		ПК23		
450	17	24	295	10		70 пс		0.14
505	23		325	17		125		18
550		31	335	17	14	175		19
585	34		355	12		205	0.11	
600	25	40	380		0.18	245		13
665		41	410	20		280	23	
760	33	39	430	18		315	23	
825		35	500	18		375	23	18
860	35		565	20	18	395		0.29
890		36	650	19		465	28	
965		39	680		24	580	29	
1000	53		745	24		700		37
1300	49		845		29	710	26	
1620	51		870	25		750	30	
1850	74		1015		27	755		30
2010	83		1040		32	810	29	29
			1075	44		850		37
ПК20						870	46	36
100 пс		0.00	ПК22			945	41	
220		03	105 пс		0.08	1055		36
260		08	150		11	1253		41
305	0.07	06	235	0.05		1600	40	
350	05		240		13	1985	46	
370		13	255	11		2110	40	
405	07		265	12		2735	48	
425	08		305	15				
465	15		330		12			

310

Глава четвертая

ПК24			205			08 ПК28		
80 пс		0.18	235	0.05		13 75 пс		0.05
125		26	305	06		09 140		03
190 0.25		27	345	03		06 205 0.01		03
240		25	375	10		250 01		
255 23			400	09	06	280		04
335 29			445	14 0.14		300 04		
400 33			465	16		315 05		
485 34			515		22	340		08
645 33			560	19		380		07
700 45			675	14 23		410 05		
735 32 0.44			775	19		445 07 0.08		
815		39	890	23		555 09		
840 48			955	20		685 10		
935		40	985	35		735		07
945 55			1075		32	870 09		
1040 62			1100		38	970		22
1855 69			1160	41		1175		23
2235 78			1520	44		1200		19
ПК25			ПК27			ПК29		
60 пс		0.09	75 пс		0.00	65 пс		0.02
90		16	120		03	140		04
115		17	170		02	185 0.02		
150		14	190 0.01			230		04
155 0.18			225		03	245 03		
175		12	250 01		04	280		05
225 15		17	280			350 03		04
260 19			315 04			405 03		
305 20		16	330 05		05	455 04		04
325			350			550 09 0.07		
345 25 0.27			390 05		03	670 08 11		
410 26			460 03			700 09		07
470		33	480 04			735		11
525 28			545	0.05		865		10
620 34			585 07			925 08		11
740 40			615	00		1040		13
850		40	725 05			1260		12
900 37			825 05			1330 09		12
1000		36	1025 12			1415		15
1160 41			1150 17			1515		
1420 45			1175	20				
1600 39			1195 11					
ПК26			1350 13					
70 пс		0.05	1515	21				
110		11						
160		09						

Исследование избирательного поглощения света

311

1570		14	1290		11	1240		15
1660	11		1370		10	1250	09	
1840		13	1440		07	1320	09	
1960	19		1530		13	1405		07
2700	19		1660		09	1465		11
ПК30			1825		11	1600		15
100 пс		0.02	2340	11		1670		14
125		04	ПК32			ПК34		
145		03	70 пс		0.03	105 пс		0.03
170		03	120		05	135		02
180	0.03		203		03	180	0.02	02
200		03	240	0.04		215		03
235	02	04	270		04	245	02	04
275		03	295	04		330	03	04
300	03		370	04	04	400	04	
330		06	440	04	06	455		04
445		05	550	09		520	04	0.08
490		0.08	675	10		650	05	
525		09	720	09	0.05	685		09
570		05	830	07		840	10	
600	05		860		12	945		12
720	09	07	1070	09		1070	09	
750	06		1155		17	1230	10	15
805		07	1265		16	1315		10
1000		09	1445	17		1415		07
1200	10		1460		17	1510		15
1320	11	12	1535		19	1565	14	
1395		13	1695		15	1585		21
1510		12	1820	19		1685		13
1660		16				2400	25	
ПК31			ПК33			ПК35		
85 пс		0.03	75 пс		0.05	105 пс		0.03
130		03	110		04	155		03
155		03	150		03	185	0.02	
225	0.02	05	180	0.03		220		02
285		04	235	03		270	03	04
340	03	05	265		05	330	03	
505	05		320	03		360		04
550		0.05	350		05	445	07	05
630	05		455		04	500		0.07
740		06	480	04		565		05
775	08		560	09	0.04	585	07	
995		06	590	06		615	03	
1095	08		740	07	05	690		07
1150		07	950	08		740	06	
1245		10	975		06	840		12
			1015	11				

870	11			850	12		730	35
955		09		900	16		765	36
1290		09		1100	19		785	41
1350	06			1175	12		860	36
1440		06		1445	17		1100	31
1555		14		1480		22	1340	35
1585	13						1450	43
1700		18		ПК38			1785	46
1740		16		45 пс		0.03	2800	57
				80		07	3690	57
ПК36				170		06		
135 пс		0.04		260	0.05	05	ПК40	
180	0.03	0.04		350		07	65 пс	0.07
240	03		02	405	06		105	07
310			06	425		07	110	11
345	02			490	08		140	10
400			05	550	11		200	08
465	03			620		0.13	240	11
555	05	05		655	11		250	0.12
590	07			720	12	17	295	11
680		09		765	17		320	15
710	05			880	15	18	345	16
760	06	04		965		14	365	15
830	06	12		1030	17		375	20
890	11			1055	21		385	24
905		09		1095		19	410	0.32
970		09		1130		18	445	29
1095		09		1230		18	515	28
1290	09			1360		18	605	28
1325		20		1385	19	21	645	32
1680		12		1415		24	710	33
1760		09		1440	29		750	30
1250		11					835	34
1740		17		ПК39			905	35
1930		11		55 пс		0.16	920	47
				100		17	965	44
ПК37				150		15	1280	52
135 пс		0.01		180	0.16		1890	59
220	0.02		01	200		12		
280	03		04	240	20	13	ПК41	
325			05	265		19	55 пс	0.15
380	04			285	24		130	12
445	03		05	320		23	165	0.09
575	08	0.04		360	29	0.32	185	18
605		06		400		36	205	23
625	08			435	29	34	250	23
675	11			525	27	32	320	25
695	10			605	32	28	355	24

410	24	0,29	380	16		290	0,04	
465	27		445		0,12	340		08
570	27	28	465	15		375	05	
625		29	515	22		420	14	08
675		36	565	28	32	450	15	
705	28		615	27		475	14	
780	37	32	720	21		610	15	0,12
830	40	32	830		35	630	12	
890		37	950	35	37	665	14	
960		42	970	34		735	18	
1075	44		1020	31		775		15
1265	63		1070		36	915	19	
1455	70		1290	51		955	20	
1590		62	1445	57		990		21
ПК42			2115	45		1050	19	22
75 пс		0,09	2950	56		1150		22
125		08	ПК43			1200	25	27
185		06	80 пс		0,03	1315	33	27
225	0,04	09	150		06	1350	21	
275	10	09	200		09	1780	24	
320	16		260		06			

Это сказывается и практически при анализе построенных кривых цветовых избытков и сравнении их с данными других авторов. Среднюю ошибку же этих кривых следует считать, в общем, близкой к ± 0.1 зв. величины.

§ 7. Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 8, 9, 19, 24 и 40, расположенных в галактической плоскости.

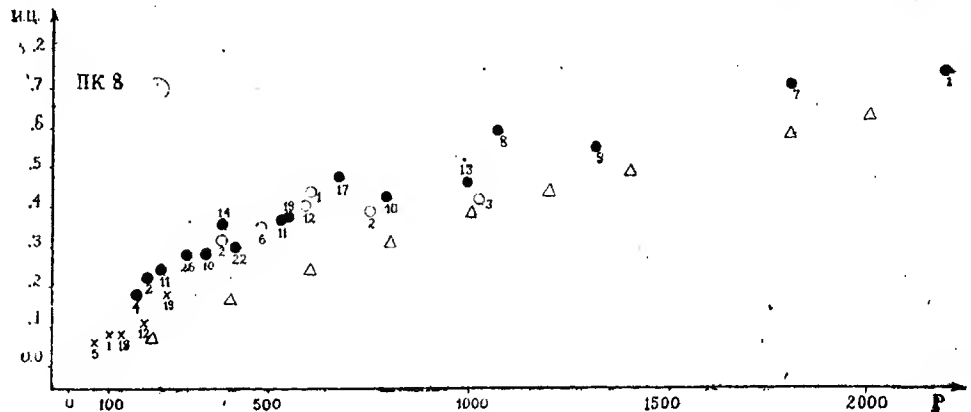
Исследуем, прежде всего, избирательное поглощение в Площадах Каптейна, расположенных в галактической плоскости. За таковые могут быть приняты ПК 8, 9, 19, 24 и 40, т. е.— Площади, отнесенные к группе I. Их галактические широты не превосходят 3 градусов по абсолютной величине (см. таблицу IV). Перечисленные Площади могут характеризовать поглощение в самой галактической плоскости.

Данные таблицы XXXVI предыдущего параграфа мы используем для построения нижеследующих графиков, представляющих собой зависимость избытка цвета от исправленного расстояния. На чертежах 36—40, также как и на всех подобных чертежах, относящихся к другим ПК (чертежи 41—78), черные кружочки соответствуют ранним звездам (первому столбцу таблицы XXXVI), светлые кружки — гигантам, взятым из второго столбца

таблицы, и крестики—карликам (третий столбец таблицы XXXVI). Цифры при значках означают соответствующие количества звезд. Избытки цвета выражены в зв. величинах (ось ординат); расстояния же (ось абсцисс)—в парсеках. Значение треугольников мы поясним ниже, в § 13.

ПК 8 ($\alpha = 1^h00^m$, $\delta = +60^\circ10'$; $l = 92^\circ$, $b = -2^\circ$). Площадь расположена в созвездии Кассиопеи. В атласе Росса [778] она находится на карте № 20.

Исследуемая ПК расположена в светлом участке Млечного Пути, с большим видимым скоплением звезд, но через нее проходит хорошо выра-



Чертеж 36

женная узкая темная бороздка. Значительное количество звезд, для которых вычислены избытки цвета, проектируется на темную бороздку.

Избирательное поглощение выражается величиной 0.1 на расстоянии в 100—150 пс (чертеж 36), после чего резко повышается и при 200 пс превосходит 0.2 зв. величины. Относительно равномерное увеличение поглощения с расстоянием наблюдается до 700 пс, где значение поглощения достигает уже 0.45 зв. величины. После этого прирост поглощения не замечен до 1000 пс, когда вновь наблюдается увеличение покраснения, значение которого повышается до 0.6 зв. величины при 1100—1500 пс. От 1100 пс покраснение снова перестает расти, но около 1800 пс оно повышается почти до 0.75 зв. вел. и на этом уровне мы можем проследить его до 2200 пс.

Так как галактическая широта ПК 8 равна -2° , то на расстоянии в 2200 пс, т. е. на пределе нашего проникновения в этом направлении, участок галактического пространства удален от галактической плоскости на 75 парсеков в южном направлении:

$$z = r \sin b = -77 \text{ пс}$$

Следовательно, на всем протяжении луч все время очень близок к галактической экваториальной плоскости. Он, при этом, на некоторых отрезках почти не испытывает приращения покраснения. Во всяком случае, покраснение нельзя считать пропорционально возрастающим.

Избирательное поглощение на первый килопарсек не менее 0.5 зв. величины. Оно увеличивается на 0.25 зв. величины на протяжении второго кпс. Поглощение значительнее всего проявляет себя на ближайших к Солнцу отрезках пути в данном направлении. Действительно, в пределах первых 300 пс избыток цвета растет до 0.1 зв. величины на каждые 100 пс, что не наблюдается в остальной части пути луча.

Направления, близкие к ПК8, исследовались неоднократно. О'Кнфи получил довольно большое покраснение отдельных звезд в этих направлениях [729]. Еще раньше Цуг оценил средний избыток цвета нескольких десятков звезд в 0.6 зв. величины [1025]. Но, он пользовался довольно широкой системой длин волн и последнее значение следует несколько преуменьшить. Тогда оно приблизится к нашему. Большое покраснение показано в работах Сирса [841], хотя и для очень немногих далеких звезд, а также и в работах Слокум [882], Бэйкера и Нанткес [295] и др.

Были исследованы области близлежащих скоплений NGC 366 и NGC 457, где избирательное поглощение оказалось также весьма большим [278]. Если не считать работу Хантера и Мартна [571], в которой избирательное поглощение получается малым, между имеющимися данными почти нет противоречий. Данные же последней работы основаны на весьма малом количестве звезд, для которых вычислялся «градиентный избыток», и им нельзя придавать большого значения.

Бок также исследовал это направление [365]. Хотя большое поглощение и было найдено им здесь, но наряду с тем, он якобы подметил пропорциональный рост поглощения до 2-х килопарсеков. Но, он не показал насколько детально исследовалось поглощение на отдельных отрезках пути луча и нам представляется, что эта пропорциональность, на самом деле, — результат грубого сглаживания. Правда, и Бэйкер [291] показал пропорциональный рост общего фотографического поглощения, но — от 250 пс до 1 кпс.

Для ПК8 характерна большая пестрота поглощения: разные направления даже в пределах данной Площади (3.5×3.5 град.) дают явно различные значения поглощения и кривая, изображенная на черт. 36, являясь лишь средней для всей Площади, может значительно отличаться от той, которая относилась бы к данному, уже ограниченному по площади, направлению. В этом мы смогли убедиться, построив кривые изменения избытка цвета для нескольких отдельных участков, входящих в Площадь № 8. В качестве примера можно отметить, что участок, расположенный западнее

от центральной звезды № 1069 (по БСО), отличается от восточнее расположенного тем, что в первом, на близких расстояниях, поглощение растет медленнее, чем во втором, но вдали (при $r > 1000$ пс) прирост избытка цвета значительнее. В связи с этим, кривая в восточном участке более равномерна, чем в западном. Можно быть уверенным, что поглощающая среда в восточной половине расположена к нам ближе. С другой стороны, она плотнее, на первые два кпс, в своей западной части.

При тщательном использовании материала (который должен быть, разумеется, достаточно надежным, качественным), можно выявлять различия в структуре поглощающей среды в пределах небольших площадей на небе, применяя даже фотографические определения показателей цвета.

Рассеяние значений избытков цвета, которое наблюдается во всех случаях, когда графики строятся по отдельным звездам, естественно и его надо относить не только за счет ошибок определений, но и различий в поглощении в отдельных, хотя и весьма близких, направлениях. При этом, рассеяние тем больше, чем более далекие звезды рассматриваются. Это явление можно естественно объяснить не только на основе общих статистических соображений, но и исходя из представления о клочковатом строении межзвездной рассеивающей среды. Тем больше действительный объем пространства, соответствующий некоторой определенной площади на небе, чем больше относящееся к нему расстояние. Фактически, мы наблюдаем внутри расходящегося от нас конуса и он содержит в себе на далеких расстояниях больше неоднородностей межзвездной среды.

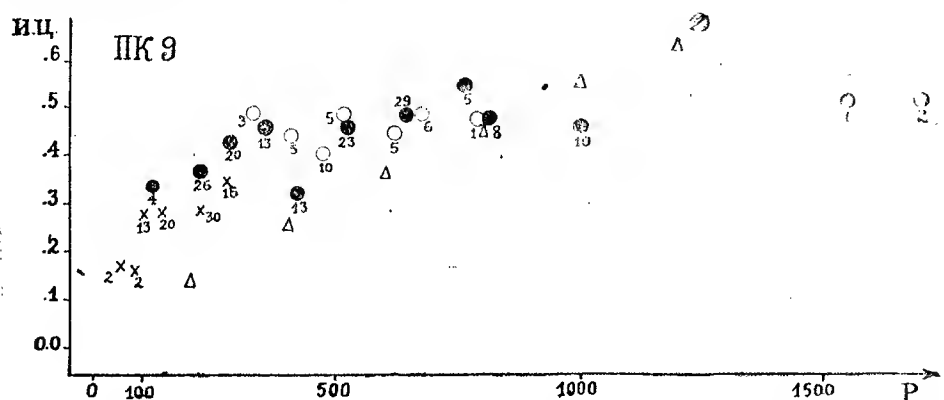
ПК9 ($\alpha = 3^h 04^m$, $\delta = +60^\circ 20'$; $l = 106^\circ$, $b = +3^\circ$). Площадь расположена в созвездии Жирафа. В атласе Росса она находится на карте № 27. Она относится к темному участку Млечного Пути, хотя и не характеризуемому большим дефицитом звезд. Наоборот, эта Площадь довольно богата звездами.

Избирательное поглощение превышает 0.1 зв. величины уже при $r = 100$ пс, а затем оно резко растет, достигая почти 0.45 зв. величины всего за 200 следующих пс (черт. 37). Зато, начиная с $r = 300$ пс покраснение мало увеличивается и оно находится на уровне 0.5 зв. величины на протяжении от 1000 до 1700 пс. Впрочем, в таких случаях необходимо с осторожностью делать заключения, так как для далеких расстояний вполне возможно влияние неизбежной селекции, в силу которой при малом числе звезд мы видим звезды с малым покраснением.

Проникновение в направлении на ПК9 невелико в связи с тем, что видимые расстояния в этом направлении весьма заметно сокращаются при приведении их к истинным, за счет большого общего поглощения.

Избирательное поглощение на первый килопарсек можно считать равным 0.5 зв. величины.

Большое избирательное поглощение в направлении, близком к ПК9, показано в работе [571]—0.54 зв. величины на кпс. Что касается общего поглощения, то большое значение последнего следует из результатов Бокка [365] (см. также [1021, 709, 690]).



Чертеж 37

Остановившись на сравнении с данными Бокка, отметим, что Бокка считает возрастание поглощения пропорциональным расстоянию до 1500 парсеков. Бокка пользуется при этом только ранними звездами и может изучать поглощение лишь начиная с $r = 250$ пс. В таком случае покраснение может действительно показать в общем пропорциональное возрастание, по крайней мере, до 1000 пс. Мы, имея 195 ранних звезд, т. е. почти столько, сколько Бокка ($n = 205$), привлекаем к тому же к построению графика и поздние звезды—более 70, из которых половина расположена внутри расстояния в 200 пс. Благодаря этому ход кривой выступает на нашем графике в больших деталях и точнее.

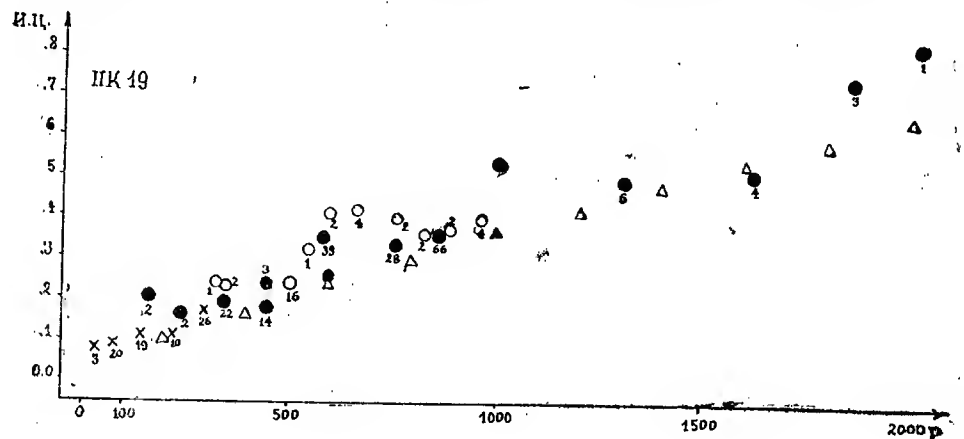
Относительно недавно, избирательное поглощение в ПК9 исследовали Ломан и Мичайка [637]. Это исследование уступает нашему хотя бы только потому, что при том же методе, что и наш, оно использует всего 105 звезд и то довольно ярких, правда—исключительно только ранних (B2—B9). Непонятно, как могли авторы, приводя график зависимости избытка цвета от расстояния, пользоваться неисправленными, видимыми расстояниями. Но если последние редуцировать за поглощение, характер кривой, качественно и количественно, приближается к характеру нашей кривой.

Изложенные в последнем абзаце замечания можно целиком отнести и к ПК8, которое также исследовано в той же работе [637].

ПК 19 ($\alpha = 23^h 23^m$, $\delta = +60^\circ$; $l = 81^\circ$, $b = -1^\circ$).

Площадь находится в созвездии Кассиопеи. По атласу Россса ей соответствует карта № 19. Она расположена на границе светлого и темного участков Млечного Пути, но ближе к светлому.

Здесь мы можем проследить за покраснением до $r = 2000$ пс. В этом направлении покраснение можно считать нарастающим пропорционально расстоянию, если не принимать в расчет слабо выраженных изгибов около



Чертеж 38

$r = 150, 550$ и, пожалуй, — 1000 пс. Избирательное поглощение на первый килопарсек равно 0.45 зв. величины (чертеж 38).

Нарастание покраснения заметно уже с близких расстояний. Поэтому, нельзя согласиться с выводом Бокса о том, что поглощение якобы начинается лишь с расстояния в 1 кпс [365]. Бокс основывает свой вывод на анализе 80 звезд на всем протяжении, в то время как в пространстве до $r = 1000$ пс у нас участвует более 200 ранних звезд и около 100 поздних звезд. При этом, рассеяние точек на кривой весьма умеренное и к последней можно отнестись с полным доверием. Не только меньшее количество звезд у Бокса заставляет нас отдать нашему результату предпочтение, но и то обстоятельство, что у него 33% от использованных им звезд имеют преувеличенные показатели цвета, и он довольно произвольно вводит большую систематическую поправку отрицательного знака ко всем покрасневшим звездам, не проверив возможности наличия покраснения на близких расстояниях, что и могло обусловить преувеличение цвета поздних звезд малой све-

тимости. Правда, позднее начало поглощения указывается и в работе Бэйкера и Нанткес [295], но материал последних авторов очень мал. К тому же они оставляют неисследованными близкие к нам пространства. С другой стороны, они приводят определения цветов для некоторого числа индивидуальных покрасневших звезд, в системе красных величин. По приведении их к интернациональной шкале, становится возможным констатировать покраснение индивидуальных звезд и на расстояниях в 200—300 парсеков. Не следует принимать во внимание и результат Бейкера [338], также отрицающий поглощение в ПК19 на близких расстояниях, т. к. он относится все-таки к направлениям, расположенным заметно севернее исследуемого нами.

Зато большое покраснение показывает Цуг для более 50 относительно близких звезд [1025]. После приведения к интернациональной шкале, оно выражается величиной в 0.40 зв. величины, что находится в хорошем согласии с нашим выводом. То же самое можно сказать и про результат Сломкум [882], хотя последним автором рассмотрены более далекие звезды.

Еще более убедителен результат, полученный в Пулкове К. Т. Стояновой [152]. Из этой последней работы явствует, что уже на расстоянии в 380 пс покраснение выражается значением в 0.27 зв. величины. Этот вывод также отвергает заключение Бока об отсутствии заметного поглощения до глубин в 1000 парсеков. В одной из наших работ, содержащих предварительную дискуссию данных нашего Каталога, мы констатировали покраснение в ПК19 лишь начиная от $r = 600$ пс [205]. Но, во-первых, там было рассмотрено нами меньше ярких звезд, затем не были сделаны все необходимые редукции не только цветовых показателей, но и расстояний. Пожалуй, названному в той работе расстоянию в 600 пс соответствует окончательно исправленное расстояние лишь в 400 пс.

ПК 24 ($\alpha = 4^h 39^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 128^\circ$, $b = 0^\circ$), Созвездие Возничего. Карта № 28 в атласе Россса.

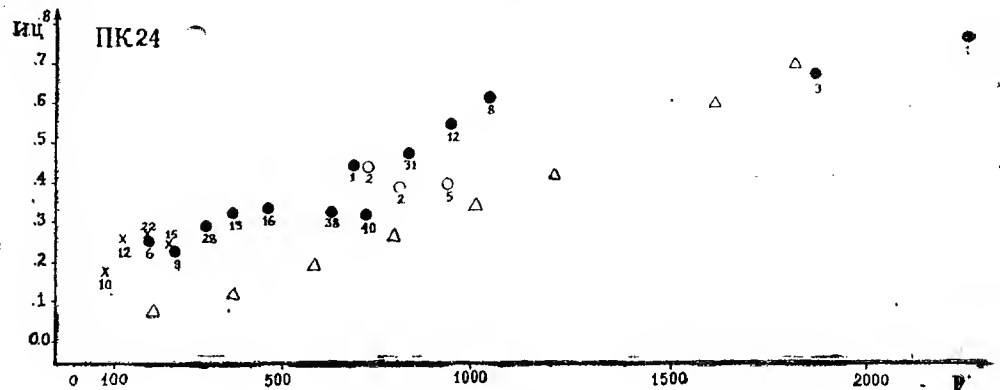
Данная Площадь расположена на самом Галактическом кругу, на границе светлого и темного участков. Исследованные звезды проектируются одинаково как на светлый, так и на темный участки.

Это направление характеризуется весьма заметным общим поглощением. Избыток цвета на первый кпс достигает 0.55 зв. вел. Это—очень высокое значение, встречающееся редко.

Покраснение значительно уже на небольших расстояниях и при $r = 500$ пс превышает 0.3 зв. величины (чертеж 39). Далее, около $r = 700$ — 800 пс имеет место резкий прирост избытка цвета, увеличивающий его до 0.45 зв. вел., после чего покраснение растет до $r = 1100$ пс.

После этого покраснение держится почти на одном уровне, лишь медленно увеличиваясь.

Данная Площадь, расположенная в точности в галактической плоскости, представляет собой пример прерывного распространения избирательно поглощающей материи в самой плоскости Млечного Пути.



Чертеж 39

В ПК 24 большое покраснение было констатировано Сирсом [841]. На большое общее поглощение указывали Вольф [1020] и Андрус [281]. Но более детально распространение окрашивающего вещества вдоль луча зрения показывает наша кривая зависимости цветового избытка от истинного расстояния, в построении которой участвуют 206 ранних и 69 поздних звезд.

Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.55 зв. величины.

ПК40 ($\alpha = 20^h 47^m$, $\delta = +45^\circ 0'$; $l = 53^\circ$, $b = 0^\circ$), в Лебеде. Карта № 18 по атласу Росса.

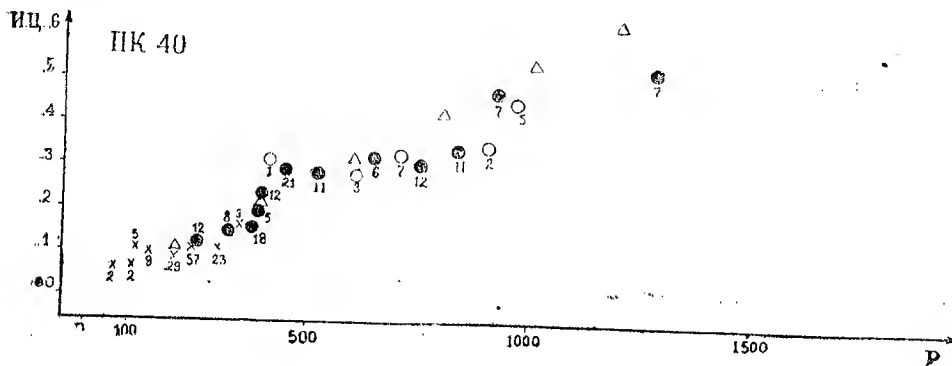
Площадь расположена между туманностью Северной Америки и звездой α Лебеда—на границе между богатой звездами областью и бедной. На ней проектируются весьма явные темные разводья, хотя сама Площадь очень богата звездами.

Данная Площадь также является нам пример прерывного строения среды рассеивающей материи в самой галактической плоскости. Изломы на кривой (черт. 40) около $r = 350, 400, 900$, отмеченные большим количеством звезд, делают очевидной иррегулярность материи в данном направлении.

Избыток цвета на первый килопарсек достигает 0.47 зв. величины.

Сирс нашел здесь большие цветовые избытки [841, 846]. По Бекеру избирательное поглощение возрастает здесь пропорционально расстоя-

нию до 2-х килопарсеков [338], но у него расстояния остаются искаженными. У К л а з е н а [407] избыток цвета не более 0.20 зв. величины, даже после приведения к интернациональной системе, но это только для 27 звезд, расположенных к тому же довольно близко. Так что это значение не сравнимо с величиной, характеризующей глубину пространства в первый килопарсек. Весьма близкие от ПК 40 расстояния исследованы М ю л л е р о м и Х у ф н а г е л е м [709]. Подсчетами звезд они выявили два облака: одно—при $r = 75-200$ пс с поглощательной способностью в 0.6 зв. величины и второе—при $r = 600-800$ пс, с поглощением 2.6 зв. величины. Что касается избирательного поглощения, то эти авторы получили 0.2 зв. величины при $r = 600-800$ пс, т. е. там, где у нас избыток цвета превышает 0.3



Чертеж 40

зв. величины. Этот результат является побочным и не очень надежным, но общее поглощение исследовано авторами весьма обстоятельно. Если даже принять во внимание недостатки метода и остающиеся погрешности в определении поглощения на основе звездных подсчетов, то все же можно считать установленным, что от $r = 200$ пс до $r = 600$ пс общее поглощение относительно мало. На этом же отрезке пути покраснение, по нашим материалам, безусловно непрерывно растет. Таким образом, здесь мы имеем пример того, как по разному ведут себя избирательное и общее поглощение вдоль одного направления.

Сделаем теперь несколько общих замечаний в отношении ПК данной группы.

Все рассмотренные нами ПК лежат почти строго на галактическом экваторе. Лишь для ПК 9 галактическая широта равна $+3^\circ$, а для ПК 8 — -2° . Учитывая пределы проникновения в этих направлениях, надо считать, что данные ПК находятся внутри близких экваториально-галактических слоев. Во всяком случае, наиболее отдаленные от нас звезды в ПК 9 и ПК 8. 21. Бюлл. Абст. астроф. obs., № 12

отстоят от галактической плоскости только на 90 и 75 парсеков, соответственно. Вместе с тем, все 5 Площадей проектируются на зону избегания.

На примерах рассмотренных Площадей мы встречаемся как со случаями непрерывного нарастания покраснения на протяжении больших отрезков пути, так и со случаями прерывного роста избытка цвета, когда кривые изменения избытка цвета обнаруживают явно выраженные переломы, отмеченные большими количествами звезд.

Характер изменения покраснения вдоль луча (т. е. степень нарастания покраснения) не всегда совпадает с характером изменения общего поглощения, вычисленного независимыми от избытков цвета способами. Это заставляет нас вспомнить о роли нейтрального поглощения, отмеченной нами в первой главе настоящей работы и иллюстрированной исследованием М. А. В а ш а к и д з е [40].

Исследованные Площади ложатся как на светлые, так и на темные участки Млечного Пути, но различия в поведении избытка цвета в них не подмечено.

Приведем таблицу XXXVII, содержащую некоторые сводные данные.

Таблица XXXVII

ПК	b	l	Проникновение	Наибольшее χ	Избыток цв. на первый кпс	Прирост цвета на второй кпс
8	-2°	92°	2200 пс	75 пс	от 48	от 32
9	$+3$	106	1700	90	50	10?
19	-1	81	2020	35	45	40
24	0	128	2250	0	55	20
40	0	53	1900	0	47	15

Глубины в один первый килопарсек галактического пространства в данных направлениях характеризуются, как видим, довольно большими избытками цвета.

В среднем, избирательное поглощение следует считать равным 0.49 зв. величины на первый килопарсек, или 0.36 зв. величины на один кпс. Последнее из приведенных здесь двух значений близко к тому, которое, в среднем, получается по определениям многих исследователей, относящимся к разным направлениям и разным расстояниям.

Первое же значение, как нам представляется, следует толковать в качестве указания на наличие относительно плотной межзвездной среды в плоскости Галактики, около Солнца, в направлениях, ограниченных галактическими долготами от 55 до 130° . Последние соответствуют областям созвездий: Лебедя, Кассиопеи, Жирафа (в ее крайней юго-западной части) и Возничего.

Конечно, по соображениям, изложенным выше, следует признать, что точность определений средних избытков цвета на расстояниях от 1 до 2 кпс

меньше, чем на расстояниях до 1 кпс. Но отмечаемую здесь систематическую разность в величинах избытков цвета мы можем считать реальной, т. к., как показано во второй главе данного исследования, заметная систематическая ошибка в наших определениях, зависящая от расстояния, т. е. от блеска звезды, отсутствует.

В дополнение к изложенному в главе II относительно данного вопроса, отметим, что хороший критерий отсутствия систематической ошибки, зависящей от блеска (видимой звездной величины) звезды, заключается в следующем. Для построения кривых роста покраснения с расстоянием составляют, обычно, таблицы средних показателей цвета по двум аргументам: спектра и блеска, в следующем, к примеру, виде:

Спектр. Зв. вел.	B	A	F	G
10.0				
11.0				
12.0				

При наличии межзвездного рассеяния, показатель цвета должен расти по вертикальным графам этой таблицы—сверху вниз, т. е. с увеличением расстояния (с уменьшением видимого блеска). Но такой рост может наблюдаться и при наличии систематической ошибки, являющейся функцией видимого блеска (в других случаях подобная ошибка может вызвать и замедленное увеличение покраснения, как это наблюдается для наших ПК первой группы). Но, если рост покраснения подобного же характера наблюдается вдоль строк—справа влево—(рост расстояния, соответствующий росту средней светимости), то покраснение нельзя считать иллюзорным, т. е. обусловленным систематической ошибкой блеска. При этом, конечно, предполагается, что заметная систематическая ошибка, зависящая от спектра (цвета) звезды, также отсутствует.

Этот критерий также был применен нами еще в 1942 году, по совету академика Г. А. Шайна. Впрочем, почти тогда же в Бюллетенях Абастуманской обсерватории была опубликована работа П. Ф. Шайн, содержащая описание и применение ею данного способа при исследовании избирательного поглощения в области раздвоения Млечного Пути [233].

Приведем теперь таблицу XXXVIII, характеризующую полное фотографическое поглощение света в отдельных из перечисленных Площадей Каптейна. Таблица составлена на основе наших кривых изменения избытка цвета, с применением переводного множителя γ , значение которого мы определили равным 5.2 на основе соображений, изложенных в §5 настоящей главы.

Таблица XXXVIII

ПК	b	l	100пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
8	-2	92°	0.52	1.20	1.51	1.92	2.50	2.50	3.02	3.38	3.64	3.90	4.00
9	+3	106	1.30	1.72	2.29	2.44	2.60	2.60	2.60	2.65	2.70	—	—
19	-1	81	0.42	0.78	0.94	1.30	1.82	2.34	2.60	2.60	3.12	4.26	—
24	0	128	1.04	1.30	1.46	1.77	2.18	2.86	3.22	3.38	3.43	3.64	3.95
40	0	53	0.47	0.57	0.68	1.51	1.66	2.44	2.55	2.81	2.91	(3.12)	—

В таблице даны значения общего фотографического поглощения для ряда истинных расстояний. Можно вспомнить, что аналогичные таблицы построены для нескольких десятков направлений Н. Ф. Флоря [196]. Среди этих направлений имеются и совпадающие с ПК данной группы. Приходится констатировать заметные расхождения между нашими данными и данными Флоря для случая малых расстояний. Но, надо иметь в виду, что Н. Ф. Флоря строил свои таблицы как средние из ряда совершенно разнородных определений (при этом он пользовался и нашими предварительными значениями показателей цвета [204]).

Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек, по нашим данным, равно 2.55 зв. величины. Среднее значение на 1 кпс—около 1.90 (по Флоря—1.3).

§ 8. Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 18, 23, 25, 39 и 41, расположенных на малых галактических широтах

Исследуем избирательное поглощение в пяти Площадах Каптейна №№ 18, 23, 25, 39 и 41. Галактические широты всех этих ПК одинаково малы, будучи заключенными в пределах 6 и 9° по абсолютной величине. Они характеризуют поглощение на малых галактических широтах.

ПК 18 ($\alpha = 21^h 14^m$, $\delta = +60^\circ 10'$; $l = 68^\circ$, $b = +6^\circ$) расположена в созвездии Цефея, а по атласу Росса занимает положение на карте № 22.

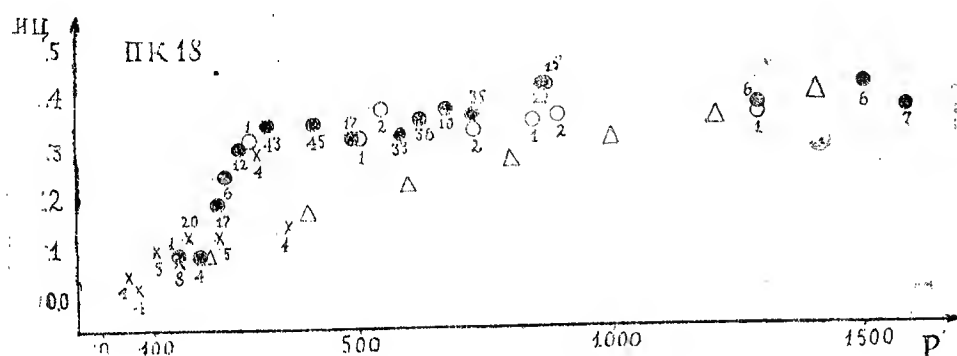
Площадь находится в области весьма неравномерной видимой звездной плотности. Эта область относится к богатым звездами полям, но для нее характерны многочисленные темные разводы. Большие значения поглощения также характеризуют отдельные участки этой области. Мы проникаем здесь только до 1600 пс, что отвечает более шести килопарсекам нередуцированного расстояния.

Избирательное поглощение на первый килопарсек равно 0.43 зв. величины. Нарастание покраснения нельзя считать равномерным. На кривой цветового избытка (чертеж 41) отмечаются достаточно хорошо выраженные изломы около $r = 200$, 300 и 800 пс.

Для ПК 18 характерна большая неравномерность поглощения в на-

направлениях, относительно близких друг к другу. Аналогично случаю для ПК8, мы специально исследовали данную Площадь с этой точки зрения и пришли к выводу, что даже в пределах относительно небольшой площадки Каптейнового центра целесообразно вычислять цветовые избытки для нескольких направлений, хотя и весьма тесно друг к другу расположенных. Правда, в таком случае уменьшится число звезд, участвующих в построении кривой данного направления, но во многих случаях это не уменьшит точности исследования, ибо последняя заметнее снижается, когда осредняют всю площадь, для которой характерным является различное поглощение в разных точках.

Неодинаковое поглощение в разных точках данной Площади вызывает и заметное рассеяние точек на предварительной кривой цветового избытка, где нет никакого осреднения. Мы имеем подобные примеры не только в виде ПК8 и ПК18, но и для ПК41 (см. ниже).



Чертеж 41

Это заставляет нас думать, что избирательное поглощение в данных областях обязано ряду отдельных малых скоплений вещества, имеющих разные рассеивающие способности, т. е. плотности. Вероятно этим и объясняется противоречивость между собой результатов, принадлежащих ряду авторов, исследовавших покраснение, в частности, в области ПК 18. Шален [800], Хантер и Мартин [571], Сирс [841], Стенкист [920] не наблюдали больших поглощений. При этом Сирс отнес это направление к «нормальным» (избыток цвета (ИЦ) = 0.03). С другой стороны, тот же Шален, в других работах, указал на другие, но близкие участки с большим поглощением [793, 799]. О'Кифи, хотя им исследовано немного спорадических звезд, отметил направления с большим поглощением [729]. Неубедительна кривая 5 в работе Ломана и Мичайки [637], тем более, что на ней представлены неисправленные расстояния. Выводу Бока об отсутствии покраснения до 700 пс противостоят более

точные определения. Рисли, констатирующей большое поглощение уже на расстоянии в 400 пс [774]. Наконец, надо отметить, что и у Хантера и Мартина в цитированной только-что работе, хотя и выведены в общем незначительные покраснения для звездных групп, тем не менее некоторые отдельные звезды показывают огромные покраснения. М. Д. Берг в Пулкове нашла избирательное поглощение в 0.35 зв. величин весьма близко от центра ПК18 [25]. Эта оценка надежнее многих других.

Величину цветового избытка 0.43 на первый килопарсек мы считаем характеризующей направление, в среднем, на центр ПК18.

Как сказано выше, в этом направлении мы можем проследить за покраснением звезд лишь до 1600 пс, но в связи с галактической широтой в 6 градусов уже при $r=950$ пс удаление звезд от галактической плоскости достигает 100 пс.

Здесь избыток цвета около 0.43. На пределе проникновения удаление от галактической плоскости (z) превышает 165 пс, а избыток цвета имеет ту же величину. Таким образом, после того, как луч выходит за пределы $z=100$ пс, покраснение не увеличивается на отрезке пути почти в 650 пс.

Заметим также, что пока луч находится в пределах z от 0 до 35 пс, избыток цвета достигает 0.34 за 300 пс, а после того как луч проходит отрезок от $z=35$ до $z=100$ пс, приращение цвета несколько меньше 0.10.

ПК23 ($\alpha=3^h39^m$, $\delta=+45^\circ00'$; $l=120^\circ$, $b=-7^\circ$), в созвездии Персея; по атласу Росса — карта № 29.

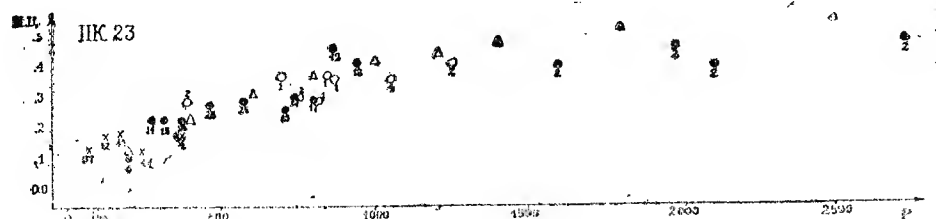
Площадь занимает область, можно сказать, с равномерным распределением видимой звездной плотности. Здесь мы проникаем довольно далеко: на чертеже кривая цветового избытка доходит до 2750 пс (чертеж 42), и наряду с этим мы имеем и отдельные звезды, расположенные на расстоянии в 3 килопарсека от нас. Поглощение здесь довольно велико, но при редуцировании расстояний уже сказывается заметный угол луча, составляемый им с галактическим экватором.

На первый килопарсек приходится покраснение величиной в 0.41. После этого расстояния оно почти все время держится на одном уровне, лишь несколько увеличиваясь — до 0.45 около 2000 пс. Это значит, что при $z=110$ пс поглощающая среда имеет хорошо выраженную границу, а затем, во всяком случае, до $z=330$ пс плотность этой среды незначительна.

На протяжении первого килопарсека увеличение избытка цвета неравномерно. На кривой избытка цвета намечается несколько изломов, указывающих на клочковатость рассеивающего вещества. Они расположены около 250, 450 и 850 пс. На отрезках пути луча от 250 до 400 пс и от 450 до 800 пс прирост покраснения вовсе не имеет места.

Покраснение на том отрезке пути, который заключен в пределах 0—500

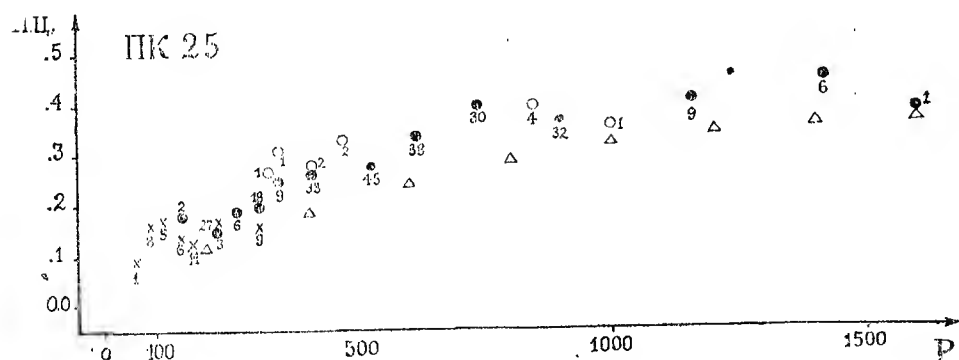
пс по ζ , равно 0.24 (при $r=410$ пс), а на отрезке следующих 50 пс по ζ оно растет еще на 0.07, становясь 0.31. Зато покраснение вновь увеличивается на 0.12 на следующем отрезке пути длиной всего в 50 — 100 пс, а это соответствует пределам ζ от 100 до 110 пс. Далее покраснение почти не имеет прироста.



Чертеж 42

Область ПК 23 привлекла к себе мало внимания исследователей, очевидно, из-за ее равномерного фона, без светлых сгущений звезд и без темных бороздок звездных разрежений. Поэтому мы не имеем почти никаких данных для сравнения, если не считать работы Оорта [732], который не нашел здесь заметного поглощения. Но это легко объяснимо тем, что Оорт пользовался весьма близкими звездами. Между тем, это направление является безусловно интересным, хотя бы потому, что, пользуясь поздними звездами, мы смогли выявить здесь поглощение уже при $r=70$ пс.

ПК25 ($\alpha=5^h37^m$, $\delta=+44^\circ50'$; $l=133^\circ$, $b=+9^\circ$)—в созвездии Возничего. Карта № 28 в атласе Росса. Здесь явно видны темные бороздки и разводы на фоне довольно богатого звездами участка неба.



Чертеж 43

Проникновение в данном направлении достигает 1600 пс. На кривой цветового избытка (чертеж 43) можно заметить быстрое увеличение покраснения в пределах до 100 пс и изломы около 300—350 и 600—700 пс.

Прирост покраснения для пространства $50 < \chi < 100$ пс ($320 < r < 640$ пс) в $1\frac{1}{2}$ раза меньше, чем для пространства $0 < \chi < 50$ пс. Но для данного направления характерно заметное увеличение покраснения на большом удалении от нас, т. е. именно: от $r = 700$ пс, чему соответствует $\chi = 110$ пс. При этом увеличение равно почти 0.1 зв. величины в интервале $110 < \chi < 205$.

Покраснение на первый килопарсек равно 0.40 зв. величины.

ПК39 ($\alpha = 19^h 47^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 47^\circ$, $b = +9^\circ$).

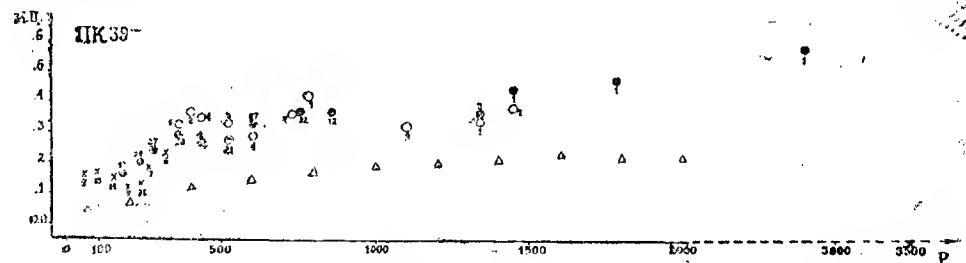
Данная Площадь находится на краю весьма яркого звездного облака в созвездии Лебедя (Карты № 17 и № 21 по Россу). Недалеко от центра Площади на облако проектируется слабое пятно потемнения.

Проникновение в этом направлении довольно велико: имеются отдельные звезды на расстоянии до 3 килопарсеков.

Уже на ближайших расстояниях поглощение имеет весьма заметную величину (чертеж 44) и до $r = 200$ пс оно держится на уровне 0.15 зв. величины. Начиная с $r = 250$ пс оно растет и при $r = 400$ пс превышает 0.30. Далее, кривая следует спокойнее, повышаясь при $r = 1500$ пс до 0.42.

С большой вероятностью можно предположить, что на отрезке пути луча от 200 до 400 пс имеется почти дискретное облако рассеивающего вещества.

Для пространства $0 < \chi < 50$ пс ($r = 320$ пс) прирост покраснения в 3 раза больше, чем в слое $50 < \chi < 100$ пс. После $\chi = 100$ пс прирост избытка цвета незначителен.



Чертеж 44

На расстоянии наиболее далеких звезд ($\chi = 450$ пс) избыток цвета более 0.50, т. е. на 0.1 превосходит то значение, которого кривая достигает при $r = 1500$ пс (при $\chi = 235$ пс).

Величина покраснения на первый килопарсек равна 0.36 зв. величины, а на следующий килопарсек—0.12.

ПК41 ($\alpha = 21^h 50^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 61^\circ$, $b = -8^\circ$).

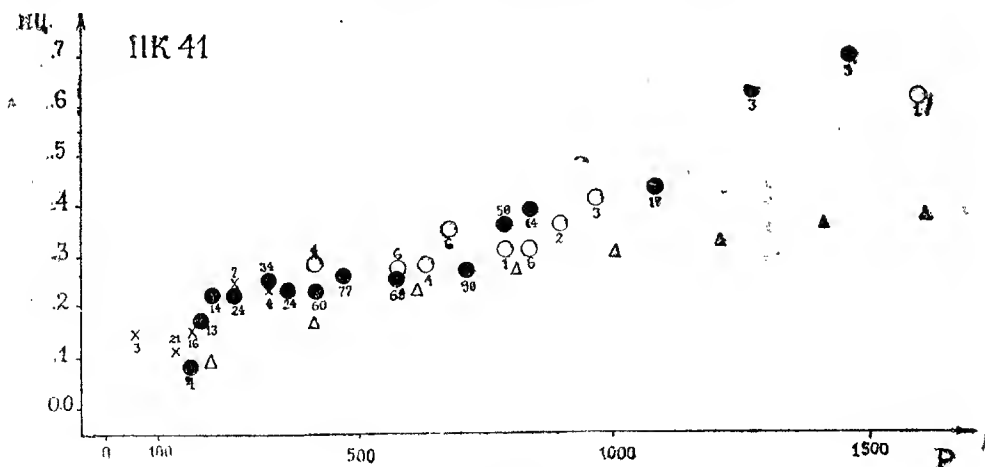
Площадь эта также расположена в созвездии Лебедя, на границе с Ящерицей, но занимает место вдали от ярких звездных облаков или темных областей (карта № 18 по атласу Россса).

Кривая цветового избытка хорошо представлена до 1600 пс (чертеж 45), однако избытки цвета определены и для отдельных звезд, расположенных на расстояниях около 3 килопарсеков.

Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.44 зв. величины. За коэффициент избирательного поглощения в данном направлении можно принять 0.41.

Здесь, также, рассеивающая способность значительно больше на первом отрезке пути луча, соответствующем $\zeta = 50$ пс, чем в слое $50 < \zeta < 100$ пс. Но, зато после $\zeta = 100$ пс имеет место весьма заметный прирост цвета, превышающий в слое $100 < \zeta < 155$ пс 0.12 зв. величины. Следовательно, плотность рассеивающей среды в последующем параллельном галактическому экватору слое, толщиной в 50 пс, не меньше, а скорее—несколько больше, чем в слое $50 < \zeta < 100$ пс. Но и дальше наблюдается увеличение покраснения. Последнее не меньше 0.65 зв. величины при $r = 1500$ пс ($\zeta = 210$ пс).

В ПК 41 Р и с л и исследовала общее поглощение [774], а О о р т [732] нашел большие расхождения между данными подсчетов внегалактических туманностей Х а б б л а и избытками цвета, основанными на данных Паркхарста. Наконец, нам известно косвенно и исследованием К а р-



пова (Publ. Am. Astr. Soc., 1942), констатирующего большую иррегулярность в этой области. Карпов разделил ее на светлые и темные участки и получил для светлого участка избыток цвета равным -0.02 до $r=1100$ пс и $+0.06$ для $1100 < r < 1500$. Для темного участка он получил в тех же отрезках пути луча $+0.07$ и $+0.30$, соответственно. Нам трудно сопоставить эти значения с нашими, т. к. мы не знаем как исправил автор расстояния, но очевидно то, что во второй половине пути луча, именно около $\chi = 100$ пс, имеет место заметное покраснение. Нам неизвестно также, как была разделена автором Площадь на светлые и темные участки, но звезд им использовано не так много, чтобы деление можно было бы считать целесообразным. Впрочем, иррегулярность поглощения на небольшой поверхности ПК41 вполне правдоподобна и возможно, что она дает о себе знать и на нашей кривой, которая в некоторых ее частях имеет заметное рассеяние.

В качестве общих замечаний относительно пяти Площадей данной группы заметим, что рассмотренные ПК характеризуют малые галактические широты. Проникновение в них довольно большое: от 1600 до 3500 пс. Большинство из них обнаруживает прерывное распространение избирательно поглощающего вещества. Одна из рассмотренных ПК обнаруживает, что граница «галактического слоя» наступает раньше, чем при $\chi = 100$ пс (ПК 18). Две другие (ПК 23, 39) имеют резко выраженные границы около 110 и 100 пс. В двух остальных (ПК 25, 41) выявлены значительные массы рассеивающего вещества и за пределами галактического слоя, при повышении над экватором Галактики, значительно большем чем $\chi = 100$ пс. Наряду с этим, есть направления, где рассеивающая способность галактического вещества в $2-2\frac{1}{2}$ раза больше на близких от нас и от галактического экватора расстояниях, т. е. она при $0 < \chi < 50$ пс больше, чем при $50 < \chi < 100$ пс.

Этот факт можно рассматривать как указание на неоднородность плотности избирательно поглощающего вещества в «галактическом слое» и ее падение по мере удаления от галактической плоскости.

Избыток цвета на первый килопарсек колеблется для данных Площадей от 0.36 до 0.44 зв. величины.

Из рассмотренных Площадей лишь одна, именно ПК 18 находится внутри зоны избегания. Две другие (ПК 23, 41) расположены на самой границе, а остальные две (ПК 25, 39)—и вовсе за зоной избегания. Обращает на себя внимание тот факт, что ПК 18 характеризуется почти наибольшим покраснением, хотя граница «слоя» здесь наступает ближе, чем в остальных Площадах. С другой стороны, ПК 39 имеет наименьшее поглощение. Относительно меньшее поглощение и в ПК 25, также находящейся вне зоны избегания.

Интересно рассмотреть отношение избытка цвета в пределах $0 < \zeta < 50$ к избытку цвета в пределах $50 < \zeta < 100$ пс. Это отношение должно характеризовать степени изменения плотности рассеивающего вещества по мере удаления от галактической плоскости.

Его значение довольно велико и вместе с тем устойчиво для разных Площадей, если не считать ПК 25. В среднем, оно около 2.5—3.0. Интересно и то, что это отношение при рассмотрении избытков цвета в пределах $50 < \zeta < 100$ и $100 < \zeta < 150$ для двух из данных ПК (№№ 25, 41) около и более единицы, соответственно. Следовательно, имеются примеры, когда плотность вещества не уменьшается, а становится даже больше за пределами $\zeta = 100$ пс по сравнению с тем, что имеется в пределах $50 < \zeta < 100$ пс.

Основные характеристики для ПК данной группы сведены в таблицу XXXIX.

Таблица XXXIX

ПК	b	l	Проникнове- ние	Наибольшее ζ	Избыток цв. на первый кпс	Прирост цв- та на второй кпс
18	+6°	68°	1600 пс	165 пс	m 0.43	m 0.05?
23	-7	120	2750	310	41	05
25	+9	133	1600	250	40	—
39	+9	47	3500	545	36	12
41	-8	61	1600	225	44	38

Наконец приведем данные, характеризующие общее фотографическое поглощение света в Площадах данной группы (табл. XL).

Таблица XL

ПК	b	l	100 пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
18	+6°	68°	0m52	0.73	1.72	1.82	2.03	2.24	2.24	2.29	2.30	—	—
23	-7	120	83	94	30	51	1.66	13	13	13	18	2.29	2.34
25	+9	133	88	94	09	61	82	08	18	18	(18)	—	—
39	+9	47	83	83	30	66	66	1.87	1.87	29	34	2.50	2.65
41	-8	61	68	1.25	30	46	66	2.29	2.60	3.38	(3.38)	—	—

Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек равно 2.12 зв. величины. Среднее значение на 1 кпс—около 1.42.

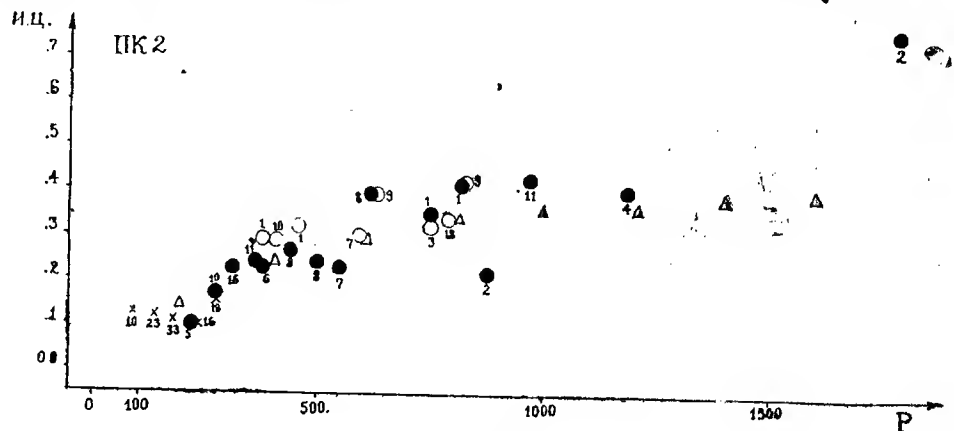
§ 9. Поглощение света в двенадцати Площадах Каптейна №№ 2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42 и 43, расположенных на умеренных галактических широтах

Галактические широты ПК №№ 2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42 и 43 заключены в пределах 13—20° по абсолютной величине. Мы считаем

эти Площади характеризующими направления «умеренных» галактических широт.

ПК 2 ($\alpha = 0^h 05^m$, $\delta = +75^\circ 20'$; $l = 88^\circ$, $b = +13^\circ$) расположена в созвездии Цефея (карта № 24 по Россу). Большие темные разводы, чем вообще поражена значительная область вокруг ПК 2, вступают краями на исследуемую нами Площадь.

Рост покраснения начинается в ПК 2 довольно близко и к $r = 300$ пс избыток цвета превышает 0.2 зв. величины. Возрастая далее неравномерно, кривая избытка достигает при $r \approx 1$ кпс 0.43 зв. величины (чертеж 46).



Чертеж 46

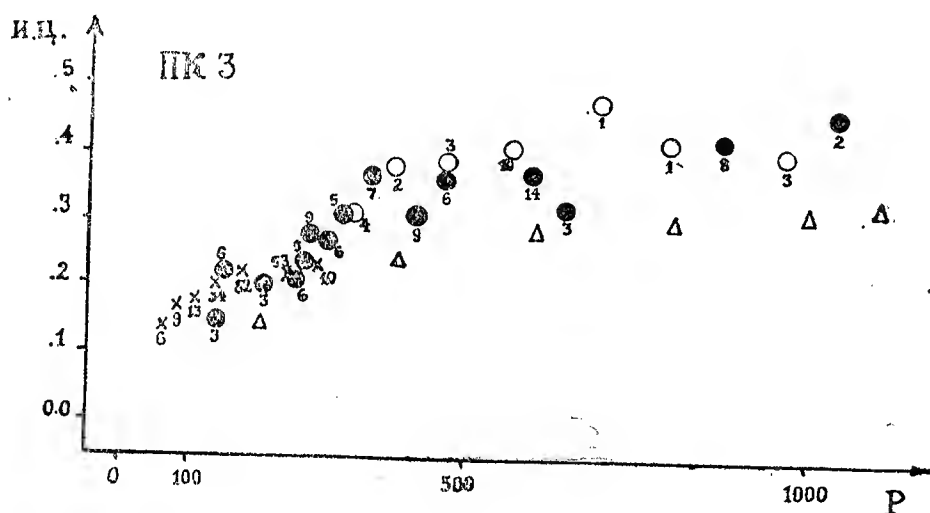
Кривая, обнаруживая изломы при $r = 250, 450, 600$ пс, дает основание считать распространение рассеивающего вещества в этом направлении клочковатым. Значительное покраснение обнаруживается и далеко за пределами $r = 100$ пс (начиная с $r = 440$ пс).

Область ПК 2 исследовалась часто. Для нее характерно различие поглощения в пределах небольшой поверхности [774, 291 и др.]. Мы также заметили подобное явление в отношении покраснения.¹ Южная часть Площади особенно отличается от других. Это заставило нас несколько ограничить исследуемые участки. Конечно, это следует считать только первым этапом исследования, когда мы стремимся получить характеристику в среднем для данного направления. Впоследствии необходимо приступить и к исследованию разных направлений в пределах одной ПК. Для этого,

¹ Интересно, что Сирс [841] и Бок [375] получили совершенно различные значения для избытка цвета: 0.55—первый и 0.17 на 1 кпс—второй автор. Правда, и материал был у них весьма разнородный: 9 звезд у первого и 124—у второго.

однако, необходимо по возможности увеличить количество звезд, если не за счет новых наблюдений, то во всяком случае за счет измерения других звезд на имеющихся негативах, а также и за счет привлечения тех звезд, которые имеют по несколько определений, но в наш Каталог не вошли в связи с необходимостью проверки и внесения коррективов. Таких звезд в наших архивах собралось в среднем около 5—8% в каждой Площади. Измерение же других звезд на тех же негативах даст большой дополнительный материал.

ПК 3 ($\alpha = 4^h 08^m$, $\delta = +75^\circ 00'$; $l = 102^\circ$, $b = +18^\circ$)—в созвездии Жирафа. Здесь покраснение начинается очень близко: уже при $r = 100$ пс избыток цвета—почти 0.2 зв. величины. Около $r = 250$ пс снова наблюдается значительный подъем кривой, но—довольно равномерный на большом протяжении луча. При $r = 1000$ пс избыток цвета равен 0.46 зв. величины (чертеж 47).



Чертеж 47

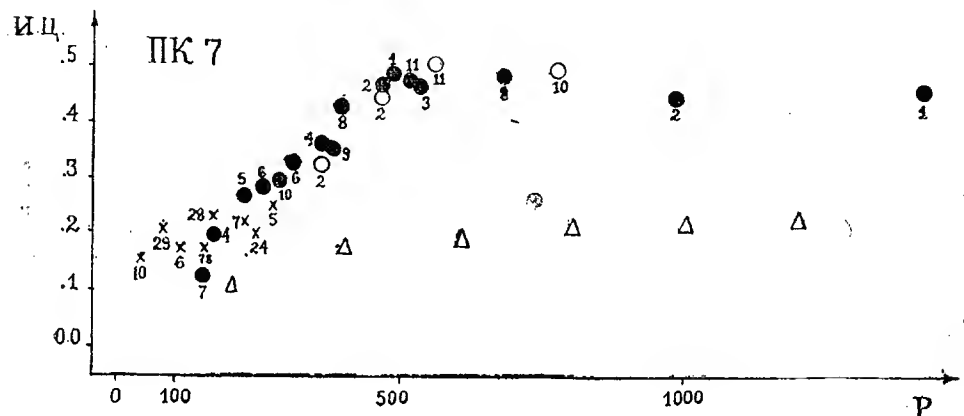
Покраснение наиболее интенсивно в слоях, близко лежащих к галактической плоскости. Здесь «галактический слой» распространен до 140 пс. После предела покраснение растет незначительно.

ПК 7 ($\alpha = 20^h 24^m$, $\delta = +75^\circ 00'$; $l = 76^\circ$, $b = +20^\circ$)—в темном участке созвездия Дракона. Для этой Площади также характерно весьма близкое и заметное покраснение: при $r = 100$ пс избыток цвета превышает 0.15 зв.

вел. (чертеж 48). От $r = 200$ до $r = 500$ покраснение растет равномерно, достигая почти 0.50 зв. величины. После этого предела приращение цвета не наблюдается.

В данном направлении ширину «галактического слоя» с северной стороны надо считать равной по крайней мере 150—160 пс. Это согласуется с несомненной близостью рассеивающих масс к Солнцу. За пределами галактического слоя покраснение вовсе не растет в пространстве, ограниченном $z = 510$ пс.

Покраснение на первый килопарсек равно 0.50 зв. величины, но оно достигает этого значения уже при $r = 500$ пс. На протяжении же пути луча от $r = 500$ до $r = 1000$ пс прирост цвета также вовсе не наблюдается.

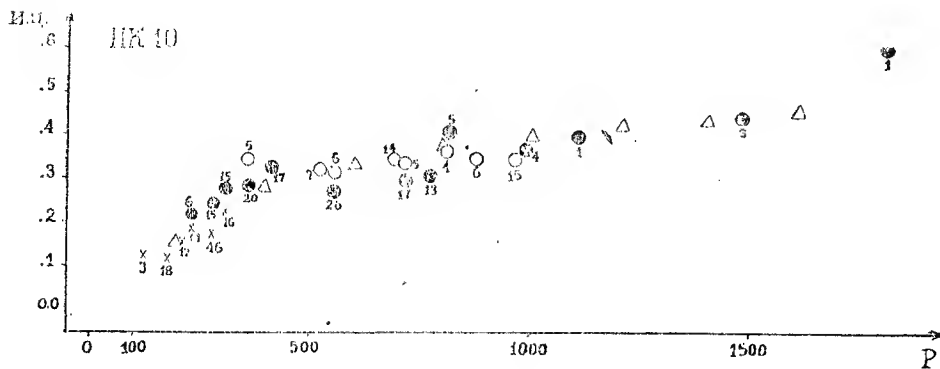


Чертеж 48

Кривая цветового избытка страдает большим рассеянием в той ее части, которая соответствует $r = 150—250$ пс. Возможно, что это рассеяние — результат иррегулярности покраснения. Любопытно вспомнить, что Слокум и Ситтерли, исследовавшие поглощение в большом поле в 92 кв. градуса, нашли здесь очень большую иррегулярность его [883]. Весьма вероятно, что от поглощающего облака, присутствующего здесь, выступают отдельные рассеивающие свет клочья, подходящие к нам на близкие расстояния. Оценку Сирсом [841] покраснения в 0.22 зв. величины нельзя признать правильной.

Вообще же не подлежит сомнению, что весьма обширное поглощение, захватывающее не только область ПК 7, но и области ПК 2 и ПК 3, распространено здесь от галактического экватора почти вплоть до Северного полюса мира. Подсчеты внегалактических туманностей по Хабблу и предварительные исследования покраснения Бокм и Сван [375] констатируют наличие в этой области большого общего поглощения и больших цветовых избытков звезд.

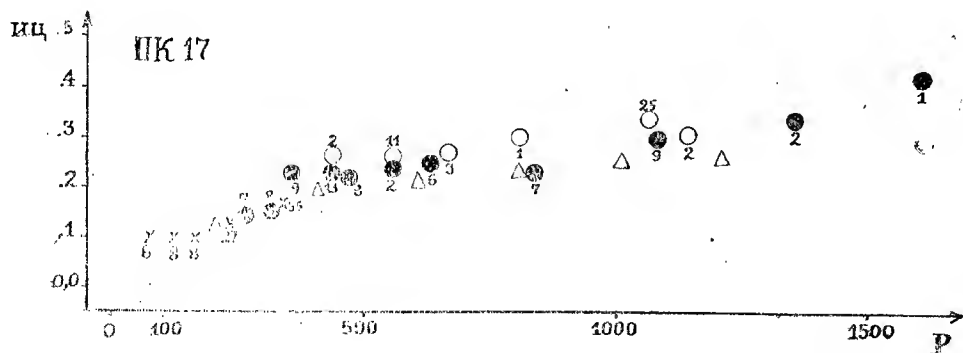
ПК 10 ($\alpha = 5^h 08^m$, $\delta = +60^\circ 10'$; $l = 118^\circ$, $b = +13^\circ$) — в созвездии Жирафа (карта № 28 по Россу). Здесь наблюдается резкое увеличение покраснения от $r = 150$ до $r = 400$ пс (чертеж 49). Рост цвета за эти 250 пс превосходит 0.2 зв. величины. После этого цвет звезд не меняется на протяжении почти 600 парсеков. Затем снова имеет место увеличение покраснения, достигающего при $r = 1600$ пс 0.5 зв. величины.



Чертеж 49

Следовательно, приэкваториальный галактический слой здесь обрывается при $\zeta = 90$ пс. Но вне пределов этого слоя рассеивающее вещество расположено также и над галактическим слоем при $\zeta = 225$ пс.

ПК 17 ($\alpha = 19^h 23^m$, $\delta = +60^\circ 00'$; $l = 59^\circ$, $b = +19^\circ$) — в светлой части созвездия Дракона.



Чертеж 50

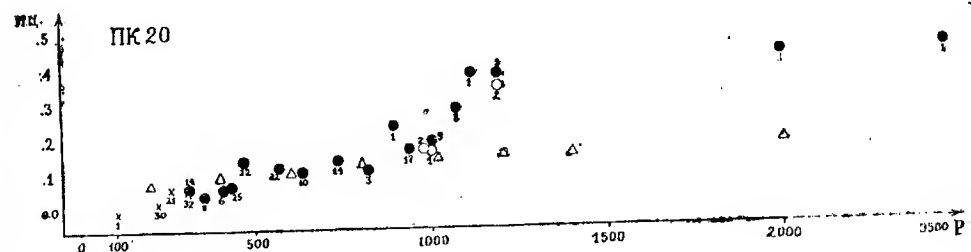
Площадь расположена в области относительно равномерной звездной плотности. Покраснение начинается очень близко, но оно не превосходит 0.15 зв. величины до $r=350$ пс и 0.25 до $r=700$ пс (чертеж 50). При $r=1000$ пс оно едва превышает 0.30.

Граница приэкваториального слоя здесь при $z=130$ пс. Но, после этого предела покраснение все же растет и растет довольно равномерно. Следовательно, в данном направлении мы имеем не дискретное облако, расположенное вдали от слоя, а довольно широко распространенную рассеивающую среду.

ПК 20 ($\alpha=0^h40^m$, $\delta=+45^\circ20'$; $l=89^\circ$, $b=-17^\circ$). Площадь расположена в созвездии Андромеды—в области, где видимая звездная плотность довольно однородна, но южная часть Площади носит некоторые следы потемнения.

Покраснение не наблюдается почти до $r=250$ пс (чертеж 51). После этого имеет место некоторый скачок цвета, превышающий на протяжении 200 пс 0.1 зв. величины. Затем, прироста нет до $r=900$ пс, где кривая несколько повышается.

Покраснение при $r=1000$ пс не превышает 0.18 зв. величины. Зато после этого, на протяжении 200 пс, оно увеличивается резко и при $r=1200$ пс достигает 0.40 зв. величины. Для данной Площади имеются отдельные звезды на расстоянии более двух килопарсеков и они показывают, что покраснение мало растет дальше (до 0.45 зв. величины).



Чертеж 51

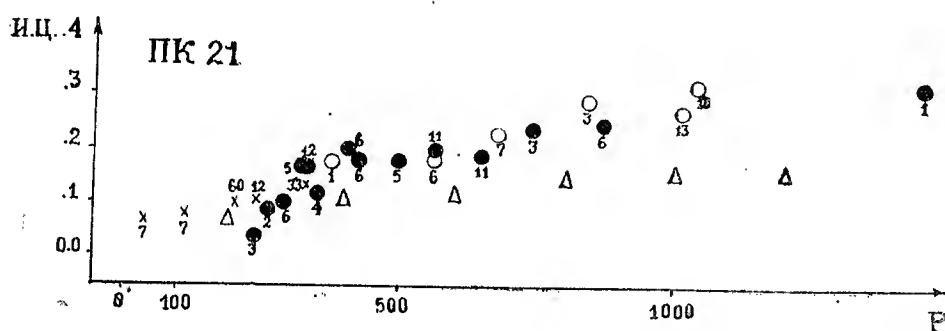
Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в приэкваториальном пространстве до $z=70$ пс покраснение вовсе не наблюдается. Лишь в слое $70 < z < 135$ пс оно заметно и равно 0.13 зв. величины на 200 пс. Область пространства за $z=135$ пс свободно от заметного поглощения, но в слое с границами $z=290$ и 350 пс встречается плотное облако рассеиваю-

щего вещества. Здесь—в этом слое—далеко от галактической плоскости покраснение превышает 0.20 зв. величины на 200 пс.

ПК 21 ($\alpha = 1^h 36^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 99^\circ$, $b = -17^\circ$).

Эта Площадь также расположена в созвездии Андромеды и область, которую занимает она, не выделяется какими либо видимыми структурными особенностями.

Покраснение здесь, вообще, не велико (чертеж 52). Оно заметно от 200 до 400 пс, где принимает значение около 0.2 зв. вел. и после чего держится на этом уровне вплоть до $r = 650$ пс. Здесь оно снова несколько увеличивается и достигает 0.3 зв. величины при 1000 пс. Последнему расстоянию в этом направлении соответствует $\chi = 290$ пс.



Чертеж 52

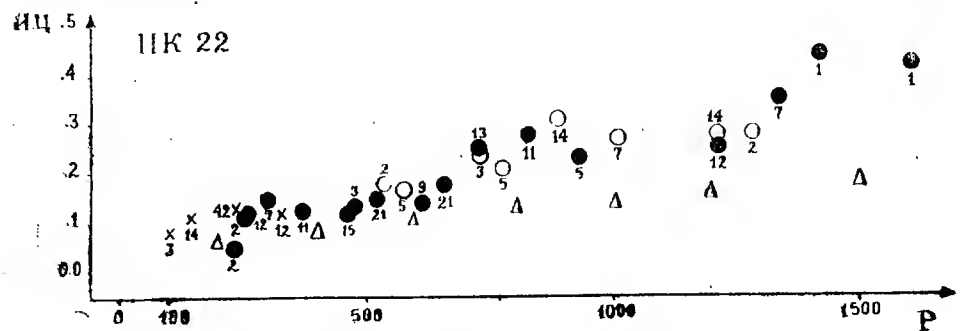
От $r = 850$ до $r = 1450$ пс роста покраснения почти вовсе не наблюдается.

ПК 22 ($\alpha = 2^h 38^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 111^\circ$, $b = -13^\circ$)—в Персее.

Приращение цвета небольшое до 500 пс. Далее покраснение заметно растет, достигая 0.29 уже при 900 пс и имея еще один резкий прирост при $r = 1300-1400$ пс, где значение избытка цвета достигает 0.45 зв. величины (чертеж 53).

Этот последний прирост цвета обязан своим происхождением рассеивающей массе, сосредоточенной здесь на расстоянии $\chi = 290$ пс от галактической плоскости. В этом направлении покраснение вовсе не растет в участке пространства, которому соответствует $45 < \chi < 110$ пс. Данная область, также как и ПК 21, исследована Бейкером и Нанткес [295]. Заметных противоречий между нашими и их результатами нет ни в отношении ПК 21, ни ПК 22. К данному направлению близок один из участков Млеч-22. Бюлл. Абст. астроф. obs., № 12

ного Пути, исследованных Т. А. Кочлашвили [79]. Ее результаты также близки к нашим.



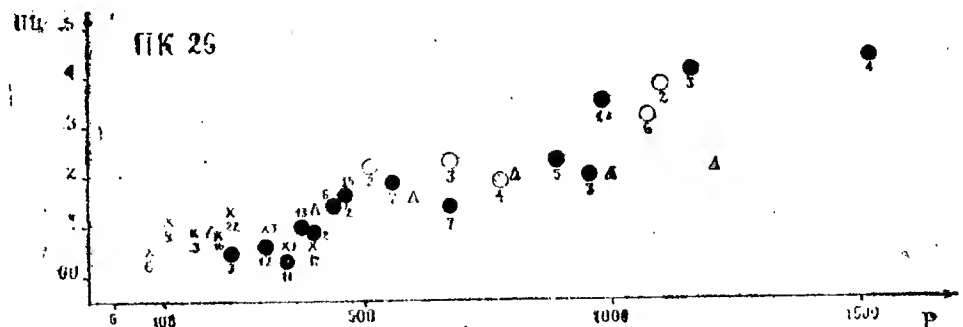
Чертеж 53

При $r = 1$ кпс избыток цвета равен 0.29 зв. величины.

ПК 26 ($\alpha = 6^h 35^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 138^\circ$, $b = +18^\circ$) — в Возничем.

Площадь расположена в участке, бедном внегалактическими туманностями. По Хаббл [560] для числа внегалактических туманностей здесь должно быть: $\log N = 1.75$, чему соответствует поглощение в фотографических лучах, равное 1.5 зв. величины. Бекер находит покраснение около 0.40 на 1 килопарсек [338]. Зато Клазен [407] — только 0.15 (после приведения к интернациональной системе). Правда, последний автор располагал цветовыми избытками всего только 16 звезд. Но мы находим избыток цвета не более 0.25 до $r = 900$ пс и 0.35 и более, начиная с $r = 1000$ пс (чертеж 54).

$\zeta = 150$ пс служит как бы границей близэкваториального слоя, но при $\zeta = 290$ пс поглощающая материя снова дает знать о себе.

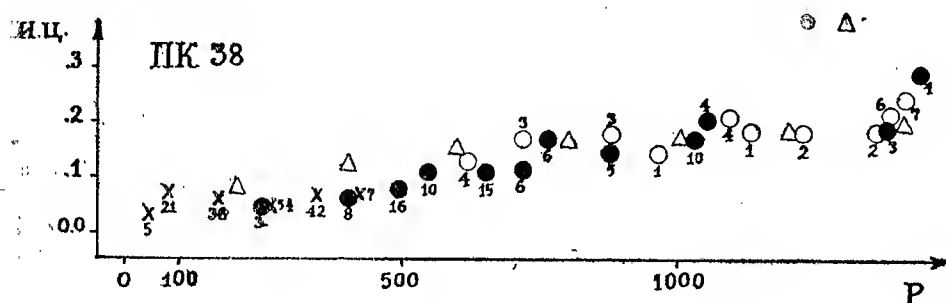


Чертеж 54

В цитированной работе Бекера прирост покраснения в пределах 250—1200 пс. вовсе отсутствует, но у него отсутствуют и точки на кривой в пределах от 650 до 1200 пс. У нас же между последними значениями r имеется до 45 звезд и они выявляют рост поглощения раньше, чем около $r = 1200$ пс. Значительный избыток цвета вдали, т. е. для расстояния в $1\frac{1}{2}$ килопарсека, наблюдается и у Бекера.

ПК 38 ($\alpha = 18^h 46^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 42^\circ$, $b = +18^\circ$)—в созвездии Лиры.

Площадь расположена на границе двух участков: бедного внегалактическими туманностями и — характеризуемого их нормальным числом. Здесь покраснение мало. Рост избытка цвета замечен лишь начиная с $r = 500$ пс (чертеж 55).



Чертеж 55

В пределах $0 < r < 100$ пс избыток цвета равен 0.08 зв. вел. на 350 пс. Покраснение при $r = 1000$ пс равно 0.18 зв. вел.

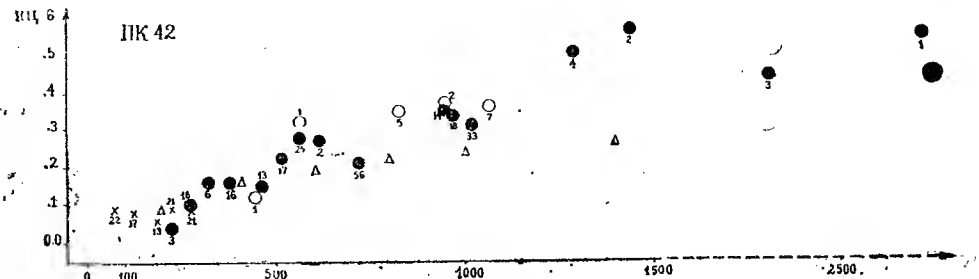
ПК 42 ($\alpha = 22^h 19^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 70^\circ$, $b = -13^\circ$).

Площадь расположена в созвездии Ящерицы—в поле, относительно однородной звездной плотности, но со слабыми темными следами потемнения. Этот участок характеризуется пониженным числом внегалактических туманностей ($\log N = 2.04$), хотя и находится вне зоны избегания.

В данном направлении Бекер [338] усматривает присутствие лежащих одно за другим облаков. У нас это, пожалуй, не выявляется. Впрочем при $r = 250, 500$ и 1100 пс на кривой, хотя и слабо, но намечаются изломы (чертеж 56).

Данная Площадь также заслуживает того, чтобы покраснение в ней было изучено дифференцированно на подобие ПК 8, 18 и 41. Здесь поглощение меняется очень быстро с небольшим изменением направления,

Можно попытаться оценить значение $\frac{A_{pg}}{CE} = \gamma$, исходя из вычисленного нами избытка цвета на первый килопарсек и среднего значения общего фотографического поглощения (с приведением к интернациональной

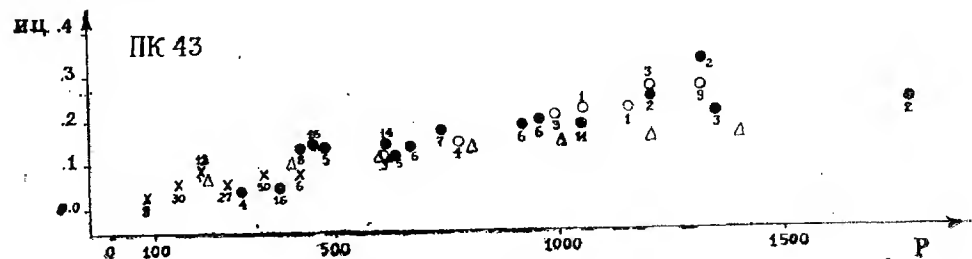


Чертеж 56

системе). согласно данным Рисли [774] и Бейкера и Нанткес [295]. В таком случае это отношение можно признать близким к 5. По Рисли поглощение здесь должно начинаться около $r = 300$ пс. На нашем графике этому расстоянию соответствует покраснение, равное 0.16 зв. величины.

ПК 43 ($\alpha = 23^h 50^m$, $\delta = 44^\circ 50'$; $l = 80^\circ$, $b = -17^\circ$). Данная Площадь находится в созвездии Андромеды, вне зоны избегания, но на границе двух участков, один из которых имеет нормальное число внегалактических туманностей, по Хабблу ($\log N = 1.63 - 2.22$), а другой — характеризуется дефицитом их ($\log N = 1.33 - 1.62$).

Покраснение в ПК 43 в общем невелико (чертеж 57). Оно становится заметным лишь с расстояния в 400 пс, но при $r = 1$ килопарсек оно не превышает 0.21 зв. величины. Данные Бейкера [291] также подтверждают низкое значение поглощения в направлениях на ПК 43.



Чертеж 57

Рассмотрим теперь общие характеристики Площадей группы III (Таблица XLI).

Около половины Площадей рассмотренной группы обнаруживают прерывное распределение рассеивающего вещества. В нескольких других это свойство выражено не очень явно. Есть и такие Площади, для которых увеличение покраснения можно считать пропорциональным расстоянию.

Большим цветовым избытком на один первый килопарсек выделяются Площади №№ 2, 3, 7. Первая и третья из них расположены в зоне избегания, — в той ее части, где она, расширяясь, выступает далеко от галактического круга и почти достигает Северного полюса Мира. ПК3 находится хоть и за ее пределами, но — в области, известной пониженным количеством внегалактических туманностей. ПК10, очевидно, не имеет отношения к той обширной области потемнения, которая захватывает все эти три Площади, но тем не менее, также поражена значительным поглощением. Покраснение в ней почти такое же, как и в ПК2.

Остальные Площади, исключая еще ПК26 и ПК42, характеризуются цветовыми избытками, величины которых значительно меньше. Если исключить из рассмотрения хотя бы только первые четыре Площади, то средний избыток цвета для восьми ПК этой группы равен только 0.27 зв. величины на первый килопарсек.

Особенно мало поглощение в ПК20, 38 и 43.

Прирост цвета на второй килопарсек равен или больше избытка цвета на первый килопарсек для двух Площадей: № 2 и № 17.

В направлениях ПК 3, 7 и 17 приэкваториальный слой оказывается шире среднего — до 140 — 160 пс. В ПК2, 10, 17, 20, 22, 26, 42 значительные массы рассеивающего вещества, очевидно, расположены и в далеких от галактического экватора пространствах. При этом, в большинстве случаев они проявляют себя как дискретные облака. Исключение

Таблица XLI

ПК	b	l	Прони- кно- вание	Наибольшее z	Избыток цве- та на первый кпс	Прирост цве- та на второй кпс
2	+13°	88°	1800пс	405пс	m	m
3	+18	102	1100	340	0.43	(0.40)
7	+20	76	1500	510	45	—
10	+13	118	1800	400	50	—
17	+19	59	1600	520	38	(0.26)
20	-17	89	3500	1000	32	(0.45)
21	-17	99	1500	420	18	0.27
22	-13	111	1600	360	30	—
26	+18	138	1550	480	28	—
38	+18	42	1500	445	35	—
42	-13	70	2900	650	18	—
43	-17	80	1800	525	36	14
					21	—

встречаем на примере ПК17, где покраснение растет равномерно и после $\tau = 130$ пс, т. е., где, повидимому, имеется широко распространенная рассеивающая среда.

Среднее для всей группы покраснение на первый килопарсек равно 0.33 зв. вел.

Значения общего фотографического поглощения приведены в таблице XLII.

Таблица XLII

ПК	b°	l°	100пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
2	+13°	88°	m	0.62	0.62	1.14	1.35	1.92	2.24	2.24	2.34	3.64	—
3	+18	102	94	1.04	46	98	2.29	34	(2.44)	—	—	—	—
7	+20	76	88	25	66	2.55	60	60	2.60	60	—	—	—
10	+13	118	—	0.73	40	1.77	1.77	1.98	08	34	2.76	—	—
17	+19	59	52	52	78	35	46	66	1.66	1.87	29	—	—
20	-17	89	00	16	36	0.73	0.73	0.94	2.08	2.08	18	2.34	2.34
21	-17	99	42	52	52	99	1.30	1.51	1.66	1.72	—	—	—
22	-13	111	42	57	68	78	04	51	51	2.18	34	—	—
26	+18	138	52	52	52	1.04	04	82	2.08	24	—	—	—
38	+18	42	36	36	36	0.42	0.68	0.94	1.04	1.51	—	—	—
42	-13	70	42	42	73	1.04	1.46	1.87	2.34	2.86	86	86	86
43	-17	80	26	36	42	0.78	0.83	09	1.30	1.30	1.30	—	—

Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек равно 1.72 зв. величины.

§ 10. Поглощение света в одиннадцати Площадах Каптейна №№ 1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36 и 37, расположенных на средних галактических широтах

Рассмотрим теперь кривые избирательного поглощения для Площадей Каптейна №№ 1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36 и 37. Все они расположены на средних галактических широтах. Последние заключаются в пределах от $+27^\circ$ до $+42^\circ$. Данные ПК могут характеризовать поглощение на средних галактических широтах.

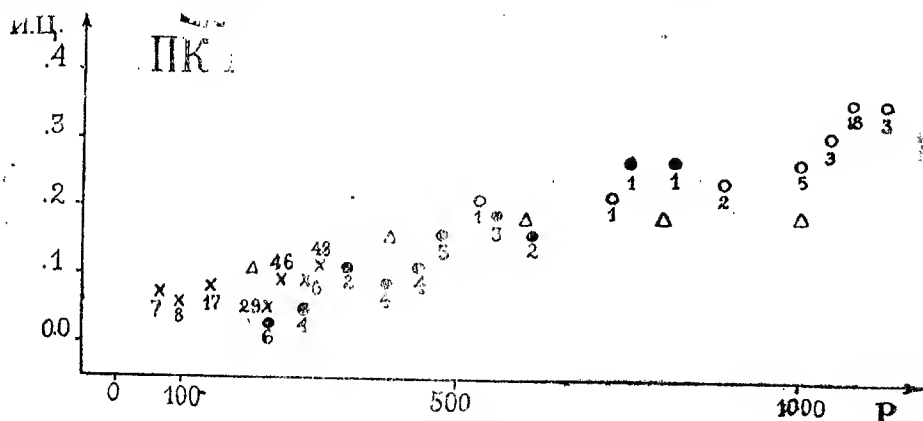
ПК 1 ($\alpha = 8^h00^m$, $\delta = +89^\circ00'$; $l = 91^\circ$, $b = +28^\circ$).

Данная Площадь находится почти в точке Северного Полюса и представляет собой особый интерес в связи с вопросом о поглощении в области экваториального Северного полюса. Еще во второй главе настоящей работы, а также и в четвертом параграфе данной главы, мы имели случай подробно остановиться на поглощении в этом участке неба. При этом мы ссылались на ряд работ, утверждающих наличие поглощения в области Северного полюса на поверхности радиусом до 5 градусов вокруг

точки полюса. В некоторых точках этой области поглощение особенно велико (напр., $\delta = +87^\circ 3$, $\alpha = 1.405^m$ или $\delta = +87^\circ$, $\alpha = 8-16^h$).

Исследованная нами Площадь находится вблизи одного из этих участков. В ней мы также констатируем присутствие избирательно поглощающего вещества.

Судя по нашей кривой избытка цвета (чертеж 58), поглощение наступает около $r = 150$ пс, что не противоречит прочим известным данным. Около $r = 450$ пс избыток цвета достигает 0.15 зв. величины. После этого наступает более заметный подъём кривой, продолжающийся до $r = 1100$ пс, где избыток цвета равен уже 0.35 зв. величины. Нельзя считать, что подъём кривой протекает гладко, наоборот — около 550 — 700 и 850 — 1000 пс имеет место замедление покраснения.



Чертеж 58

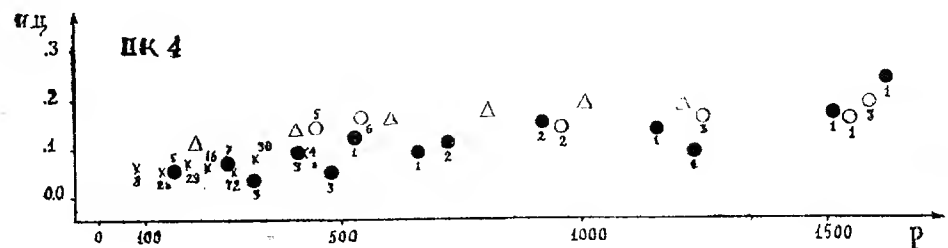
Наши результаты, в общем, согласны с представлением о двух облаках, находящихся одно за другим в данном направлении. Такое представление следует из ряда работ других авторов. Облака поглощающего вещества находятся в слое, определяемом двумя значениями χ : 210 и 515 пс. Но в слое до $\chi = 100$ пс покраснение равно 0.08 на 200 пс.

Кривую избытка цвета приводит в своей работе и Бекер [338]. Но у него до $r = 320$ пс всего 43 звезды, у нас же — более 170. Поэтому, мы считаем, что, в частности, пространство до глубины в 350 пс исследуется нами надежнее. Отсюда же вытекает, что начало поглощения следует считать при $r = 100 - 150$ пс, а не за $r = 270$ пс, как это утверждает названный автор.

Покраснение равно 0.27 зв. величины. По Сирсу и Джойнер [850], также, избыток цвета равен 0.^m27.

ПК4 ($\alpha=8^h04^m$, $\delta=+74^\circ50'$; $l=107^\circ$, $b=+32^\circ$) в созвездии Жирафа.

Покраснение здесь вообще не велико. Оно заметно, главным образом, начиная с $r=200$ — 300 пс. После $r=500$ пс, где избыток цвета около 0.15 зв. величины, почти нет никакого роста покраснения (чертеж 59).

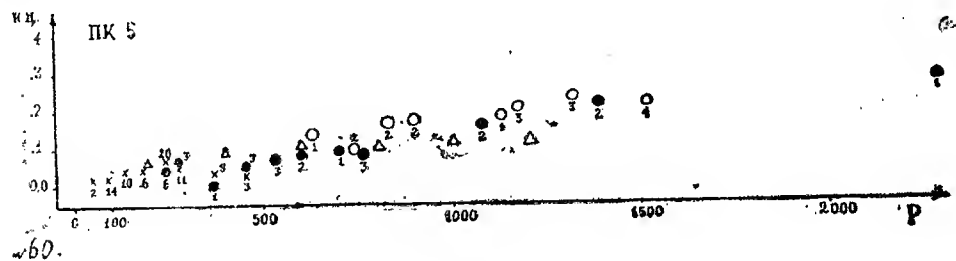


Чертеж 59

Покраснение на первый килопарсек не превышает 0.15 зв. величины. Границу, после которой покраснение перестает нарастать, определяет $r=250$ пс.

ПК5 ($\alpha=12^h28^m$, $\delta=+75^\circ00'$; $l=91^\circ$, $b=+42^\circ$) — в созвездии Дракона.

Площадь характеризуется небольшим покраснением. Последнее едва достигает 0.10 при $r=600$ пс, а потом почти не возрастает. На первый килопарсек избыток цвета не превосходит 0.17 зв. величины (чертеж 60). На большом удалении от экваториальной плоскости ($r>330$ пс) имеет место приращение цвета.



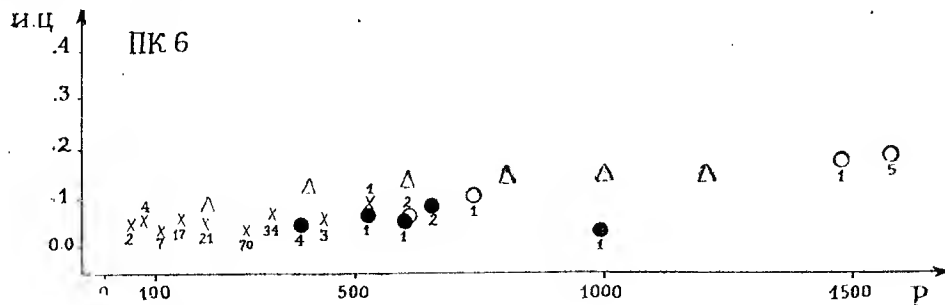
Чертеж 60

ПК6 ($\alpha=16^h14^m$, $\delta=+74^\circ50'$; $l=75^\circ$, $b=+36^\circ$) — в Малой Медведице.

Здесь покраснение очень небольшое.

Имея значение 0.07 при $r=100$ пс, оно почти неизменно держится на этом уровне и лишь несколько звезд, относящихся к расстояниям около 1500 пс и превышающим последние, обнаруживает покраснение, едва достигающее 0.20 зв. величины (чертеж 61).

Данная площадь, также как и две предыдущие, исследована Божком и Сван [375]. Из-за весьма небольшого покраснения, конста-



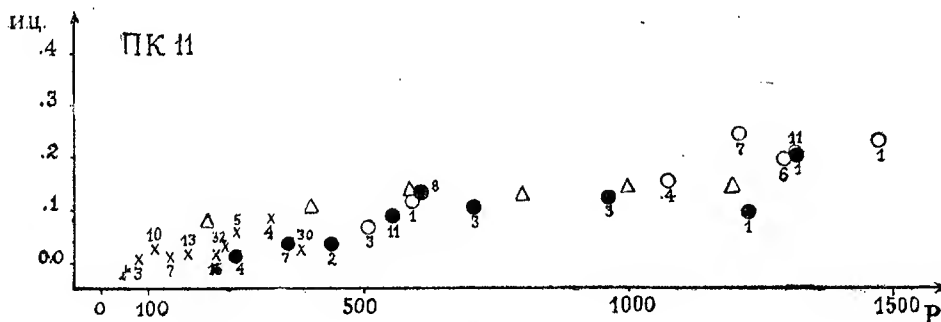
Чертеж 61

тируемого ими в этих направлениях, авторы относят ПК 4, 5 и 6 к «нормальным» областям.

ПК11 ($\alpha=7^h07^m$, $\delta=+60^{\circ}00'$; $l=123^{\circ}$, $b=+27^{\circ}$) — в созвездии Рыси.

Покраснение, можно сказать, вовсе отсутствует до $r=250$ пс (чертеж 62).

Затем оно обнаруживает себя и возрастает к $r=600$ пс лишь до 0.12 зв. величины. Это значение оно сохраняет на протяжении 400 — 500 пс. За пределами $r=1100$ пс ($r > 500$ пс) мы имеем 27 звезд. Все они показывают заметное покраснение, в среднем, около 0.20 зв. величины.



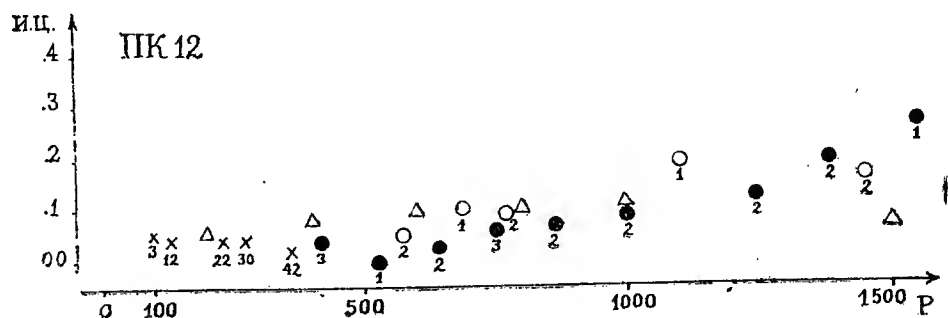
Чертеж 62

Недалеко от данного направления подсчетами Хаббла выявлен участок с пониженным числом внегалактических туманностей ($\log N=1.42$).

Возможно, что это покраснение связано с обскурацией, имеющей место в этом направлении, но проявляющейся на далеких объектах.

ПК 12 ($\alpha = 9^h 03^m$, $\delta = +59^\circ 40'$; $l = 123^\circ$, $b = +41^\circ$) — в Большой Медведице.

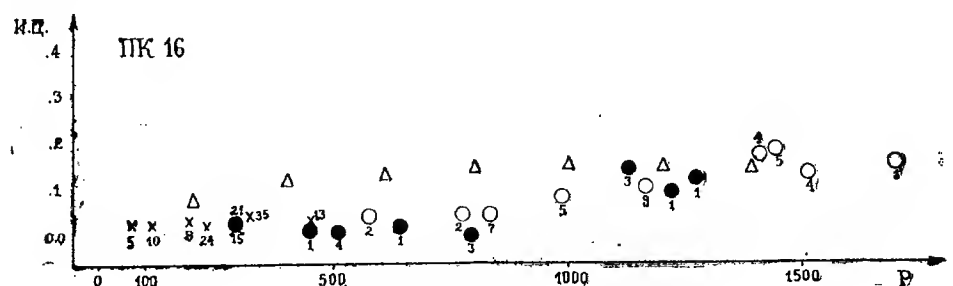
Данная Площадь, так же как и предыдущая, обнаруживает некоторое поглощение на далеких расстояниях: $r > 1000$, $z > 650$ пс (чертеж 63). Вблизи же Солнца, на протяжении до 600 пс, покраснение практически отсутствует, будучи менее 0.05 зв. величины. Интересно, что и здесь отмечен подсчетами Хаббла дефицит внегалактических туманностей ($\log N = 1.38$).



Чертеж 63

Сирс, исследовав это направление, пришел, однако, к неопределенным выводам [841]. Но в цитируемой здесь работе ему были доступны меньшие глубины галактического пространства, чем это имеет место у нас.

ПК 16 ($\alpha = 17^h 29^m$, $\delta = +59^\circ 50'$; $l = 56^\circ$, $b = +33^\circ$) — в созвездии Дракона. Здесь покраснение совершенно отсутствует до $r = 900$ пс (чертеж 64).



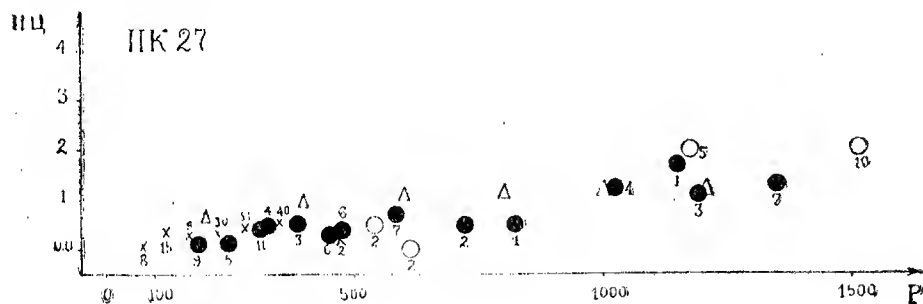
Чертеж 64

После этого предела замечен избыток цвета, хотя и небольшой. Данное направление лежит между участками, для которых по подсчетам внегалактических туманностей имеет место:

$$1.33 < \log N < 1.62$$

ПК27 ($\alpha = 7^h 38^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 141^\circ$, $b = +29^\circ$) — в созвездии Рыси.

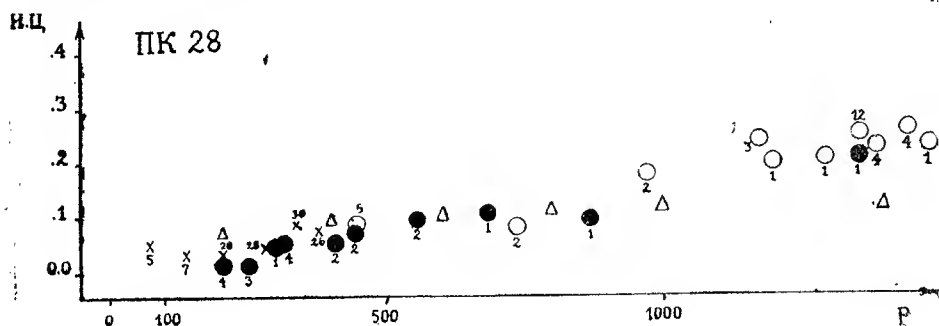
ПК27 отличается малым избирательным поглощением и лежит она, кстати, в области, которая характеризуется нормальными числами внегалактических туманностей. Тем не менее, при расстояниях, превышающих один килопарсек, покраснение дает о себе знать, почти достигая значения 0.20 зв. величины (чертеж 65).



Чертеж 65

ПК28 ($\alpha = 8^h 40^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 143^\circ$, $b = +39^\circ$) — в созвездии Рыси.

В данном направлении пространство в пределах $0 < r < 300$ пс можно считать свободным от покраснения, а для $400 < r < 900$ пс избыток цвета одинаков и не превышает 0.1 зв. величины (чертеж 66). По



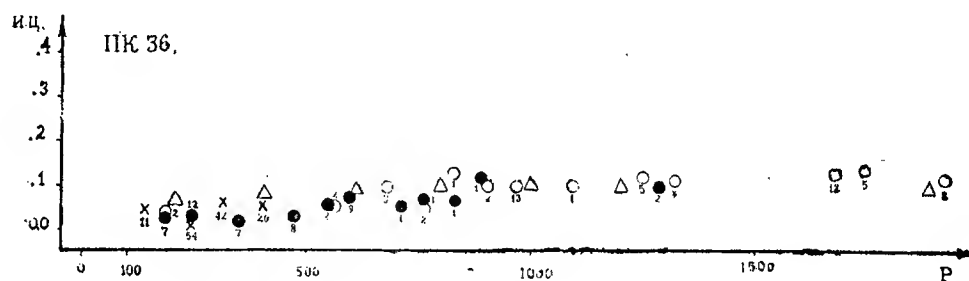
Чертеж 66

Сирсу [841], данной области свойственно малое избирательное поглощение.

Однако, в интервале $r = 900 - 1000$ пс имеет место приращение цвета, повидимому, отвечающее рассеивающему облаку небольших размеров. Здесь $z = 570$ пс. Наконец с $r = 1000$ покраснение держится на одном уровне, по крайней мере, до $r = 1500$ пс.

ПК36 ($\alpha = 16^h 46^m$, $\delta = +45^\circ 20'$; $l = 38^\circ$, $b = +39^\circ$) — в Геркулесе.

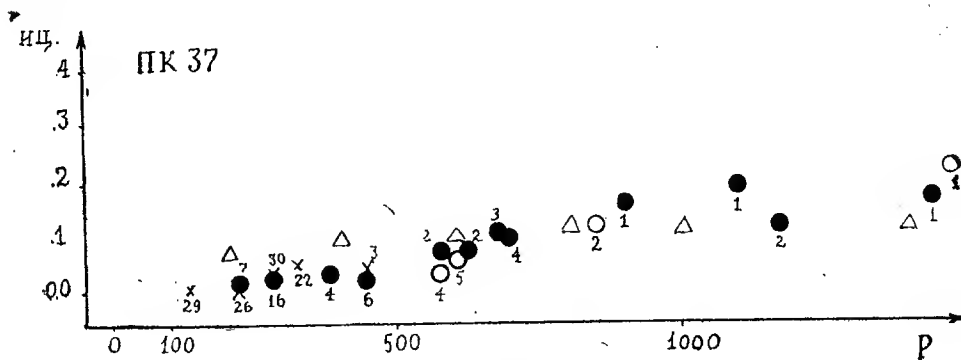
Данное направление почти свободно от покраснения. Последнее едва достигает 0.13 зв. величины и остается на этом уровне до $r = 2000$ пс, что является пределом нашего проникновения в этом направлении (чертеж 67).



Чертеж 67

ПК37 ($\alpha = 17^h 49^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 39^\circ$, $b = +28^\circ$) — в Геркулесе.

Покраснения не заметно до $r = 600$ пс. После одного килопарсека значение избытка цвета, в среднем, около 0.15 — 0.17 зв. величины (чертеж 68). Данное направление совпадает с участком, который соглас-



Чертеж 68

но подсчетам внегалактических туманностей, надо признать «нормально прозрачным»:

$$1.63 < \log N < 2.22$$

Все Площади данной группы характеризуют поглощение на средних галактических широтах — в среднем, для $b = +34^\circ$. Поглощение в них весьма умеренное. На один первый килопарсек покраснение в среднем 0.15 звездной величины (таблица XLIII). Лишь для двух ПК (№№ 1 и 28) оно больше 0.20 зв. величины.

Таблица XLIII

ПК	b	l	Проникно- вение	Наибольшес χ	Избыток цвета на первый кпс	Прирост цвета на отрезке пути $1000 < r < 1500$ пс
1	$+28^\circ$	91°	1200пс	515пс	$m_{8.0.28}$	—
4	$+32$	107	1700	850	15	0.01
5	$+42$	91	2300	1540	17	04
6	$+36$	75	1600	940	11	08
11	$+27$	123	1500	680	14	10
12	$+41$	123	1600	1015	10	10
16	$+33$	56	1700	925	10	07
27	$+29$	141	1600	775	11	09
28	$+39$	143	1500	945	22	02
36	$+39$	38	2000	1260	10	01
37	$+28$	39	1500	705	15	04

Лишь в одной из ПК данной группы, а именно, — в ПК 1 можем наблюдать по кривой иррегулярность поглощающей материи. С другой стороны, несколько из них показывают наличие отдельных масс рассеивающего вещества на больших расстояниях от галактического экватора: для ПК 1 — несколько «ступеней» роста покраснения в пределах $210 < \chi < 515$ пс; для ПК 5 — увеличение покраснения при $\chi > 330$ пс; для ПК 11 — при $\chi > 450$ пс; для ПК 28 — при $\chi = 570$ пс и т. д.

Для ПК 11 и ПК 12 рост покраснения на больших удалениях от экваториальной плоскости совпадает с пониженным числом внегалактических туманностей по подсчетам Хаббла.

Таблица XLIV

ПК	b	l	100 пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
1	$+28^\circ$	91°	$m_{0.42}$	0.42	0.52	0.94	1.09	1.46	1.92	—	—	—	—
4	$+32$	107	26	36	42	78	0.78	0.78	0.78	0.83	(1.14)	—	—
5	$+42$	91	16	21	26	26	62	88	1.04	1.09	1.14	1.20	1.25
6	$+36$	75	36	36	36	47	52	52	0.62	0.99	—	—	—
11	$+27$	123	10	10	26	42	62	78	94	1.25	—	—	—
12	$+41$	123	21	21	21	21	42	52	73	04	—	—	—
16	$+33$	56	16	21	21	26	26	52	68	0.88	0.88	—	—
27	$+29$	141	10	16	21	26	26	57	78	1.04	—	—	—
28	$+39$	143	16	16	21	42	52	1.14	1.14	25	—	—	—
36	$+39$	38	—	16	21	26	31	0.52	0.52	0.57	62	68	—
37	$+28$	39	—	10	21	26	52	78	88	99	—	—	—

Покраснение здесь связано с потемнением, имеющим место в данных направлениях, но проявляющимся, очевидно, на далеких объектах.

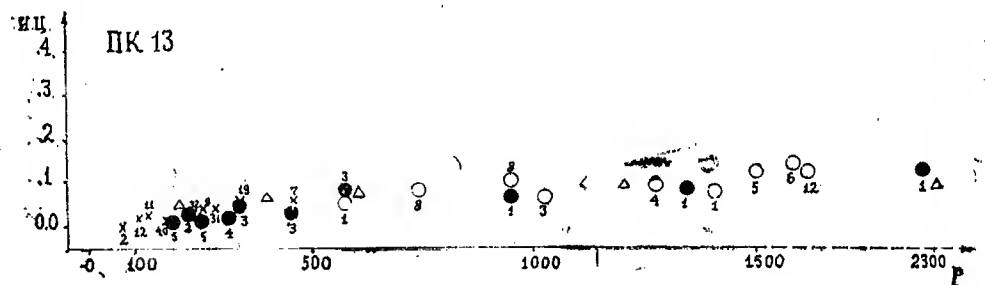
Данные об общем фотографическом поглощении приводятся в таблице XLIV. Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек равно 0.78 зв. величины.

§ 11. Поглощение света в десяти Площадах Каптейна №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34 и 35 высоких галактических широт

Нам осталось рассмотреть кривые цветового избытка для Площадей Каптейна №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35. Галактические широты перечисленных ПК заключены в пределах $+48^\circ$ — $+72^\circ$ и можно считать, что данные Площади характеризуют поглощение в высоких галактических широтах.

ПК 13 ($\alpha = 11^h 03^m$, $\delta = +59^\circ 50'$; $l = 111^\circ$, $b = +53^\circ$) — в созвездии Большой Медведицы.

В данном направлении проникновение довольно велико: до 2300 пс и на всем пути луча избыток цвета менее 0.13 зв. величины (чертеж 69).



Чертеж 69

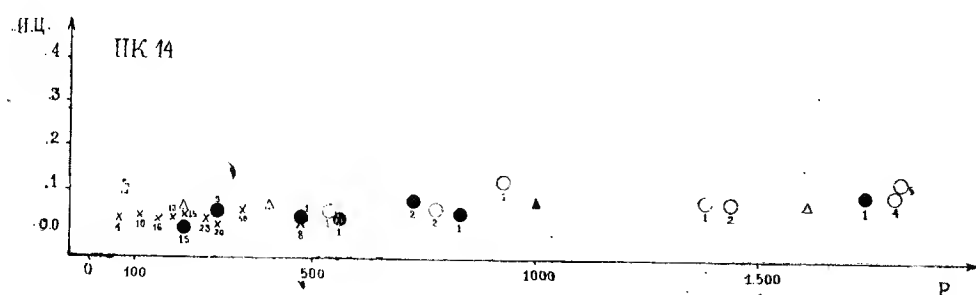
На первый килопарсек его значение едва доходит до 0.08 зв. величины, а прирост цвета на второй килопарсек — не более 0.04 зв. величины.

ПК 14 ($\alpha = 13^h 22^m$, $\delta = +59^\circ 30'$; $l = 81^\circ$, $b = +57^\circ$) — в Большой Медведице.

Здесь, при $r = 100$ пс, покраснение равно 0.05 зв. величины (чертеж 70) и оно сохраняет это значение почти до 800 пс. Это покраснение можно отнести за счет околоэкваториальной массы; расстоянию по лучу зрения в 100 пс в данном направлении соответствует удаление от галактической плоскости на 85 пс.

Вообще же, поглощение здесь очень мало и не превосходит 0.10 зв. величины на расстоянии в $1\frac{1}{2}$ килопарсека.

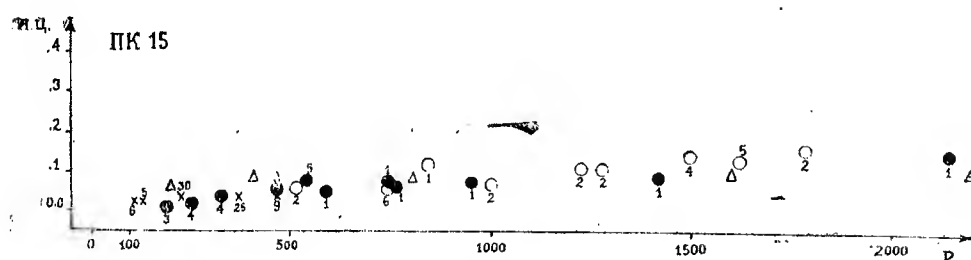
Данное направление исследовано Сирсом [841], который также отметил незначительность покраснения, хотя материал, которым пришлось пользоваться ему, был очень мал.



Чертеж 70

ПК 15 ($\alpha = 15^h 17^m$, $\delta = +59^\circ 50'$; $l = 62^\circ$, $b = +48^\circ$) — в Драконе.

Значения 0.1 зв. величины избыток цвета достигает в этом направлении только около $r = 1200$ пс (чертеж 71). Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.08 зв. величины, а приращение его на второй килопарсек — 0.07.



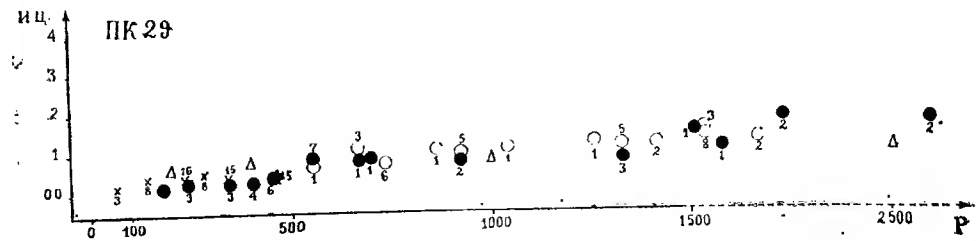
Чертеж 71

ПК 29 ($\alpha = 9^h 39^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 141^\circ$, $b = +50^\circ$) — в созвездии Малого Льва.

Покраснение здесь также мало, как и в предыдущих ПК (чертеж 72). Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.13 зв. величины, а приращение на второй килопарсек — 0.06.

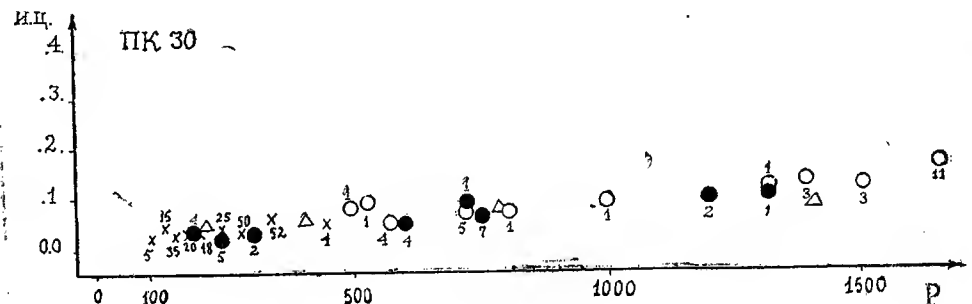
ПК 30 ($\alpha = 10^h 37^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 135^\circ$, $b = +60^\circ$) — в Большой Медведице.

В данном направлении покраснение принимает значение 0.04 зв. величины около $r = 100$ пс, чему соответствует $z = 87$ пс (чертеж 73).



Чертеж 72

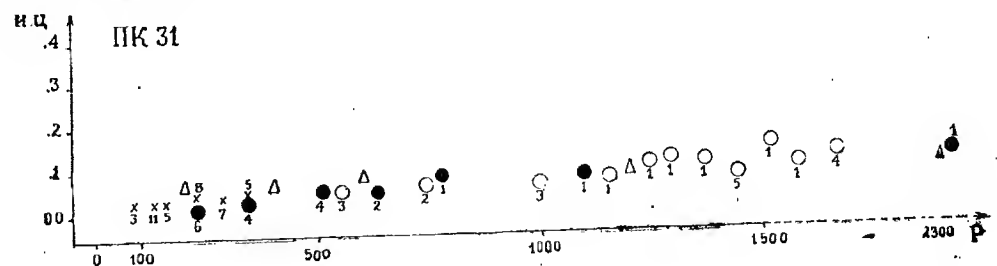
Начиная с $r = 300$ пс покраснение постепенно, хотя и медленно, растет до 0.15 зв. величины при $r = 1660$ пс.



Чертеж 73

ПК 31 ($\alpha = 11^h 37^m$, $\delta = +44^\circ 40'$; $l = 123^\circ$, $b = +68^\circ$) — в Большой Медведице.

Избыток цвета на протяжении первого килопарсека не более 0.07 и на протяжении второго — около 0.10 зв. величины (чертеж 74). Направ-

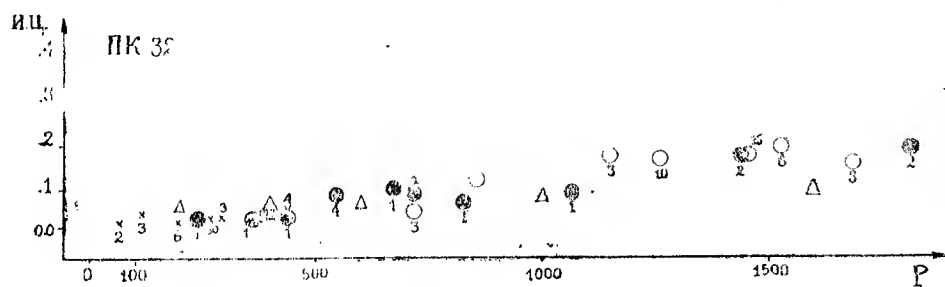


Чертеж 74

ление совпадает с участком, где подсчетами Хаббла отмечен избыток числа внегалактических туманностей: $\log N = 2.3$.

ПК32 ($\alpha = 12^h 51^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 84^\circ$, $b = +72^\circ$) — в созвездии Гончих Псов.

Покраснение около 0.05 зв. величины имеет место уже при $r = 100$ пс, т. е. в близэкваториальном слое (соответственно: $z = 95$ пс). Далее оно не нарастает на протяжении 400 пс. От $r = 550$ пс до 1050 пс мы имеем более высокий уровень кривой (чертеж 75). Но, повидимому, при $r = 1100$ пс, далеко за пределами галактического слоя (где $z > 950$ пс), имеется еще одно заметное приращение цвета на небольшом отрезке луча (1050 — 1150 пс).

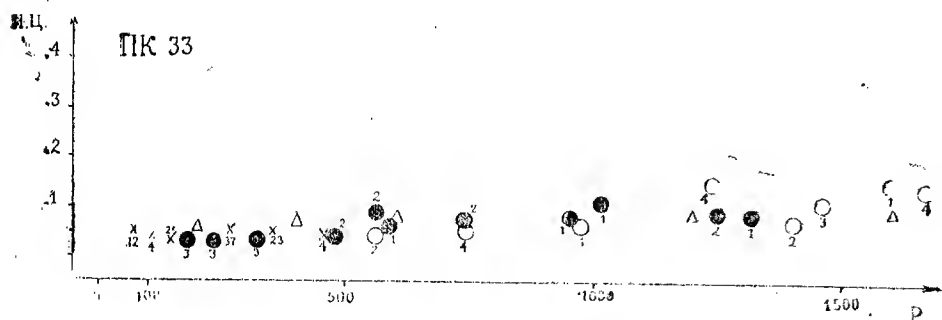


Чертеж 75

Избыток цвета на первый килопарсек около 0.10 зв. величины.

ПК33 ($\alpha = 13^h 50^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 57^\circ$, $b = +67^\circ$) — в Гончих Псах.

Данная Площадь, также как и большинство Площадей V группы, относится к «прозрачным» направлениям. Но можно считать, что кривая избытка цвета (чертеж 76) имеет два уровня: от $r = 100$ до $r = 500$ пс, в среднем около 0.05 зв. величины и от $r = 600$ пс до предела проникновения — в среднем, около 0.08 — 0.12 зв. величины.

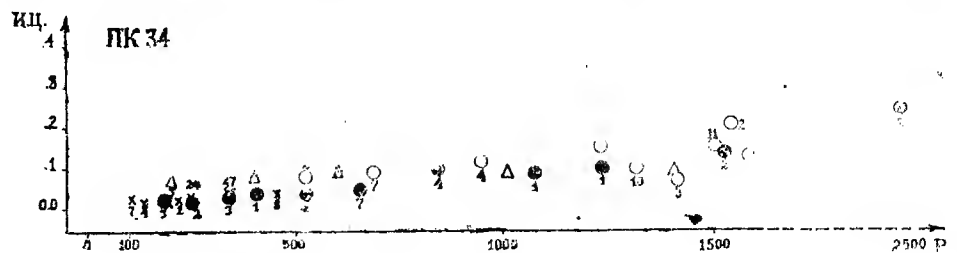


Чертеж 76

ПК34 ($\alpha=14^h48^m$, $\delta=+45^\circ00'$, $l=43^\circ$, $b=+59^\circ$) — в созвездии Волопаса.

Характеристики данной Площади мало отличаются от предыдущих случаев.

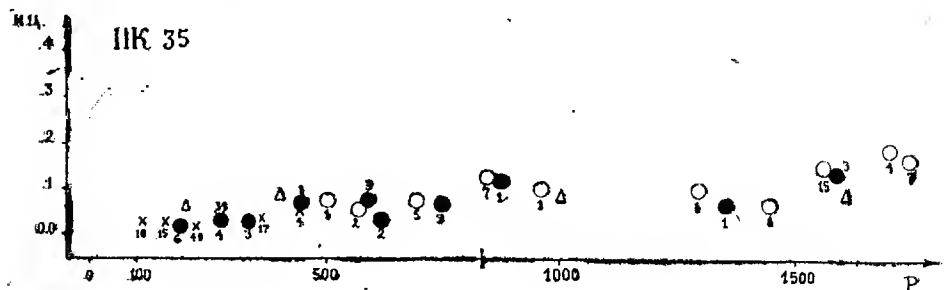
На больших расстояниях небольшой избыток цвета, очевидно, реален (чертеж 77). Представляет интерес то, что данное направление совпадает с областью, где наряду с участками нормальных чисел внегалактических туманностей, встречаются участки дефицита последних.



Чертеж 77

ПК35 ($\alpha=15^h49^m$, $\delta=+44^\circ50'$, $l=39^\circ$, $b=+49^\circ$) — в Геркулесе.

Кривая цветового избытка для данного направления (чертеж 78) мало отличается по своим характеристикам от кривых, относящихся к нескольким предыдущим ПК. Сказанное в отношении ПК34 о распределении числа внегалактических туманностей относится и к данному направлению. Вполне допустимо, что в этих направлениях массы поглощающего и рассеивающего вещества встречаются на больших расстояниях ($r \cong 1700$ пс и $r > 1300$ пс). Правда, Клазен получил для ПК 35 нулевой избыток цвета, но последний относится к использованным им относительно близким 10 звездам.



Чертеж 78

Почти все десять Площадей Каптейна данной группы, характеризующие избирательное поглощение, в среднем, на галактической широте, равной $+58.05$, показывают, что на близких расстояниях (до 100 — 200 пс) покраснение звезд не превосходит 0.04 — 0.05 зв. величины. Это покраснение целиком обязано своим происхождением приэкваториальному слою до $\chi = 100 — 150$ пс. Далее покраснение обычно не испытывает роста. Но для ряда Площадей (ПК 32, 34, 35) массы рассеивающего вещества ловидимому сконцентрированы и на весьма больших удалениях по χ .

При этом надо иметь в виду, что и вдали от галактической плоскости поглощение неравномерно. Некоторые авторы (напр., Нанткес и Бейкер [714]) несправедливо считают, что поглощение неравномерно до 500 пс, и равномерно — на более далеких расстояниях. Это неправильное представление вызвано тем, что не учитывается, что на больших расстояниях «ступенчатость» кривых покраснения не может проявляться; там она должна «смазываться» из-за уменьшения угловых диаметров облаков поглощающего вещества, если считать, что эти облака одинаковы по размерам и по числу в близких и далеких пространствах.

В заключение приведем таблицы XLV и XLVI, содержащие сводки данных об избирательном и общем фотографическом поглощении, соответственно.

Таблица XLV

ПК	b	l	Проникновение	Наибольшее χ	Избыток цвета на первый кпс	Прирост цвета на отрезке пути $1000 < r < 1500$ пс
13	$+53^\circ$	111°	2300 пс	1835 пс.	0. ^m 08	0. ^m 02
14	$+57$	81	1800	1510	08	00
15	$+48$	62	2150	1595	08	05
29	$+50$	141	2700	2070	11	03
30	$+60$	135	1700	1435	09	03
31	$+68$	123	2400	2225	07	02
32	$+72$	84	1850	1760	10	07
33	$+67$	57	1700	1565	09	02
34	$+59$	43	2400	2055	10	05
35	$+49$	39	1750	1320	10	00

Среднее значение избытка цвета на один первый килопарсек равно 0.09 зв. величины. За среднее значение коэффициента покраснения надо принять 0.08 зв. величины. Покраснение в приэкваториальном слое, в среднем, равно 0.03 зв. величины на 100 пс.

Среднее значение общего фотографического поглощения на один первый килопарсек равно 0.47 зв. величины.

Таблица XLVI

ПК	b	l	100 пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
13	+53°	111°	0.10	0.16	0.26	0.31	0.36	0.42	0.42	0.52	0.62	0.62	0.68
14	+57	81	26	26	26	26	26	42	42	42	47	—	—
15	+48	62	16	16	21	26	26	42	(52)	68	68	78	—
29	+50	141	16	21	21	31	47	57	57	73	73	88	88
30	+60	135	21	21	21	36	36	47	52	62	78	—	—
31	+68	123	16	21	26	26	31	36	36	47	52	57	57
32	+72	84	21	21	26	36	36	52	78	88	88	—	—
33	+67	57	21	21	26	26	36	47	52	57	73	—	—
34	+59	43	16	16	21	26	42	52	62	78	78	88	1.04
35	+49	39	16	16	21	36	36	52	52	52	83	—	—

§ 12. Средние величины галактического поглощения света

Таким образом, мы располагаем кривыми избытков цвета звезд в сорока трех различных направлениях и до глубин в $2 - 2\frac{1}{2}$ килопарсека.

Величина избытка цвета звезд на один, первый килопарсек весьма зависит от галактической широты. Она колеблется от 0.49 зв. величины, для галактической плоскости, до 0.09 — для средней галактической широты в 58° (см. таблицу XLVII).

Прирост избытка цвета на второй килопарсек принимает значения от 0.27 зв. величины для площадей, лежащих в галактической плоскости, до 0.06 — для площадей высоких галактических широт.

Таблица XLVII

Группа ПК	Среднее поглощение	Среднее знач. макс-ой величины	Избыток цвета	Полн. фот. погл.	Избыток цвета	Полн. фот. погл.	Избыток цвета	Полн. фот. погл.
			На 1-ый кпс		На 2-ой кпс		На 1 кпс	
I	2015 пс	40 пс	0.49	2.55	0.27	1.40	0.38	1.98
II	2210	300	41	13	18	0.94	27	40
III	1850	505	33	1.72	25	1.30	30	56
IV	1650	925	15	0.78	10	0.52	12	0.62
V	2010	1735	09	47	06	31	08	42
Средн.			0.29	1.51	0.17	0.88	0.23	1.20

За среднее избирательное поглощение света на один первый килопарсек можно принять 0.29 зв. величины. Но, в качестве величины изби-

рательного поглощения на кпс (коэффициент) следует принять 0.23. Полное фотографическое поглощение в двух случаях, очевидно, равно 1.51 и 1.20 зв. величины, соответственно.

Мы считаем необходимым различать два понятия: поглощение на один первый килопарсек и поглощение, в среднем, на один килопарсек. Численное значение, соответствующее первому понятию, больше чем значение, относящееся ко второму, поскольку, повидимому, Солнце и его окрестности совпадают с пространством, где имеет место некоторое местное уплотнение галактического поглощающего вещества. Естественно, что в случае участков высоких галактических широт среднее значение поглощения на 1 кпс заметно понижается за счет малого поглощения на больших удалениях от галактической плоскости. Но, даже в самой галактической плоскости, поглощение на второй килопарсек составляет лишь 55% поглощения на первый килопарсек.

Большинство из многочисленных определений коэффициента поглощения, имевших место до настоящего времени, относится главным образом к близким пространствам, преимущественно, внутри радиуса $1\frac{1}{2}$ кпс и имеет смысл, соответствующий скорее первому понятию, нежели второму. Понятие о «среднем поглощении», вообще, весьма устарело и потеряло смысл. Мы неоднократно показывали это, как в обзорной части нашей работы, так и при анализе нашего материала. Лучше нам вовсе не пользоваться, тем более в тех случаях, когда имеются графики, характеризующие изменение поглощения с расстоянием в отдельных направлениях. Однако, в таблицу XLVII мы включили значения, относящиеся к этому понятию, считая сопоставление чисел, в некотором смысле, показательным.

Прирост избытка цвета соответственно увеличению ζ , рассмотренный нами выше подробнее, свидетельствует, с одной стороны, об уменьшении средней плотности избирательно поглощающей среды по мере удаления от галактического экватора и, с другой, — о наличии отдельных масс (дискретных облаков) рассеивающего вещества и в таких участках пространства, где — если исходить из представлений о «галактическом слое» — их нельзя было бы ожидать.

Тут уместно вспомнить, что описаны примеры, когда в ряде направлений нам доступны цефеиды, удаленные на 20 кпс, т. е. здесь поглощение в десяток раз меньше того, что имеет место в других направлениях, лежащих также около галактической плоскости, и наряду с этим, подсчеты весьма слабых туманностей обнаруживают дефицит последних, что указывает на наличие поглощения вдали — на расстояниях, превышающих 20 кпс [736]. Это соответствует $\zeta = 1400$ пс (сравни с $\zeta = 1735$ в таблице XLVII). Уместно вспомнить и то, что по Адамсу [64] газовые облака, хотя и имеют сильную концентрацию к плоскости Млечного Пути, тем не менее отдель-

ными ключьями. встречаются и на значительных удалениях от галактического круга.

Площади Каптейна второй группы, в частности, дают хорошую иллюстрацию того, как неоднородна плоскость поглощающего вещества в «слое» и вместе с тем как падает она, в общем, по мере роста z . В отдельных направлениях отношение поглощения в разных частях слоя, а именно $\frac{0 < z < 50}{50 < z < 100}$ равно 2.5 или 3.0. С другой стороны, в других направлениях отношение $\frac{50 < z < 100}{100 < z < 150}$ близко к единице, т. е. за пределами «слоя» поглощение еще остается также заметным, как и около границы «слоя».

Графики, относящиеся к ряду Площадей Каптейна, показывают, что межзвездная рассеивающая среда прерывиста. Прерывистое распространение межзвездной пыли обнаруживается в нескольких случаях даже непосредственно в плоскости Галактики. С другой стороны, в ряде случаев, на отрезках пути, исследованных нами, поглощение растет с расстоянием довольно равномерно.

Около плоскости галактического экватора в пределах галактических долгот $55-130^\circ$ (созвездия Лебедя, Кассиопеи, Возничего) окрестности Солиха характеризуются несколько повышенным поглощением.

По изломам, которые намечаются на графиках, можно оценить величину рассеивающего облака, встречаемого лучом, и его рассеивающую способность. При этом, в ряде случаев, можно делать сопоставления с результатами исследования общего поглощения во взятых направлениях или с другими данными. Зачастую такое сопоставление подтверждает реальность изломов на кривых. Однако, в частях кривых, соответствующих большим расстояниям, к подобным изломам нужно относиться с большей осторожностью, т. к. здесь значительно меньше количество звезд, рассеяние точек может увеличиться; на площади в $6-9$ кв. градусов, на больших расстояниях, отдельные звезды могут относиться к разным облакам или — к пространствам, свободным от облаков; здесь отдельные облака не должны проявляться, а в общем — сглаживаться.

Впрочем, необходимо помнить об известном утверждении П. П. Паренато, иллюстрированном им в работе [132] и заключающемся в том, что происходящее вследствие ошибки наблюдения рассеяние в численных определениях поглощения и расстояния растет с расстоянием. Если не принимать этого во внимание, то можно действительно прийти к преувеличенным представлениям о неравномерности в распространении поглощающего вещества.

Избытки цвета значительны и прерывистый характер их распространения встречается и в тех участках неба, которые не носят явных следов по-

темнения (обскурации). Избирательное поглощение в общем совпадает, по характеру изменения с расстоянием, с общим поглощением. Однако, это не является безусловным правилом. Встречаются и отступления от этой связи, что заставляет нас помнить о нейтральной составляющей поглощения и изменениях ее величины [40].

То же самое можно утверждать, если исходить из сопоставления цветовых избытков с контурами зоны избегания или с данными о подсчетах внегалактических туманностей.

Известно, что Б. В. Кукаркин указал, что избытки цвета коррелируются с шириной зоны избегания [86]. Мы находим, что хорошо выраженное «разбухание» зоны избегания в области Северного полюса мира находит выражение в преувеличенно больших избытках цвета в ряде соответствующих ПК (например, ПК 2, 7). С другой стороны, сужение зоны избегания в ряде мест также отражается на цветовых избытках. Примерами для последнего случая могут служить ПК22 и, особенно, — ПК38. Там, где зона избегания расширяется, очевидно, поглощающие массы расположены к нам ближе (ПК 2, 7).

В заключение настоящего параграфа сделаем еще одно общее замечание, относящееся ко всем ПК. До построения графиков зависимости покраснения от расстояния, мы строили графики, показывающие зависимость показателя цвета от спектра. Мы не приводим этих графиков в данной работе из-за их громоздкости. Но их анализ показал, что, во-первых, уже на них сказывается эффект галактической широты. При этом, это влияние тем больше, чем меньше галактическая широта. Во-вторых, рассеяние показателей цвета тем больше, чем ближе к галактическому экватору расположена Площадь Каптейна. Здесь, очевидно, сказывается и зависимость от видимого блеска звезд. Наконец, расхождение между показателями цвета гигантов и карликов также больше в Площадах, расположенных ближе к галактическому кругу.

Что же касается графиков «покраснение—расстояние», то даже осредненные точки на них (черт. 36—78) обнаруживают заметное рассеяние, но можно не удивляться этому, если иметь в виду неизбежное влияние не только ошибок наблюдений и измерений, но и—рассеяния абсолютных величин, собственных цветов, ошибок в определениях расстояний и наконец реальных различий в величине поглощения в направлениях, близких одно от другого, как это имеет место в ПК 18 и других.

§ 13. Значения параметров a_0 и β формулы Паренаго, вычисленные на основе данных об избытках цвета

В первой главе настоящей работы мы отмечали значение предложенной П. П. Паренаго теории поглощения [131, 132]. Основная формула этой теории, имеющая вид:

$$A(r, b) = \frac{a_0 \beta}{\sin b} \left(1 - e^{-\frac{r \sin b}{\beta}} \right)$$

содержит два параметра: a_0 —величина поглощения на один кпс строго в галактической плоскости и β —полутолщина однородного слоя с плотностью, равной плотности в галактическом экваторе. По П. П. Паренаго величина a_0 меняется для различных направлений в больших пределах—от 0.7 до 9.0 зв. величины, при среднем значении в 3.5. Между тем, значение β оказывается постоянным (100 пс).

Несомненно, что представляет большой интерес и имеет важное значение вычисление значений a_0 и β для многих отдельных направлений, на основе наблюдательного материала, тем более, если последний достаточно обширен.

Мы выполнили эти вычисления, используя для данной цели весь наш материал, относящийся к звездам ВЗ—F4.

Способ вычислений указан и нужные для них таблицы приведены в самой работе П. П. Паренаго [132] и здесь мы не будем останавливаться на этом, а приведем лишь окончательные численные результаты вычислений.

Вычисления относятся ко всем 43 направлениям, исследованным нами. Для каждого направления использовано от 10 до 366 отдельных средних значений избытков цвета и средних расстояний. Этому соответствует то, что a_0 вычислялось, при применении способа наименьших квадратов, на основе от 6 до 32 условных уравнений. Каждое же условное уравнение составлялось так, что в нем участвовало значение среднего избытка цвета, опирающееся на возможно большее число звезд (до 38 в низких галактических широтах).

Выше мы подчеркивали важность проведения вычислений, подобных нашим, с безусловным учетом веса отдельных наблюдений или отдельных средних значений величин. Следует отметить, что и в данном случае вычисление необходимо было выполнять, принимая во внимание вес каждого условного уравнения.

Таблица XLVIII содержит данные, относящиеся к вычислениям, и результаты последних. Там же приведены значения a_0 по карте П. П. Паренаго [132].

Таблица XLVIII

Группа	ПК	Ср. га- лакт. широта	Число ис- польз. звезд	Число ус- ловных уравне- ний	a_0 по нашим данным	β	a_0 по Паренаго
1	2	3	4	5	6	7	8
					m		m
I	8		197	31	3.02		2.7
	9		185	28	4.10		3.6
	19		212	28	2.28		1.9
	24		209	32	3.15		2.0
	40		129	30	2.60		2.7
	ср.	0°			3.03		2.6
II	18		306	31	4.02		2.7
	23		245	31	3.55	100пс	3.6
	25		240	28	3.96	100	3.1
	39		231	30	4.15		1.8
	41		366	29	3.40	105	2.9
	ср.	6.5			3.82	102	3.3
III	2		100	28	4.86	100	4.4
	3		97	24	6.05	80	5.1
	7		86	25	7.20		4.0
	10		158	26	4.74		5.1
	17		62	20	4.92		4.0
	20		167	27	3.12	100	2.2
	21		98	21	3.60	80	2.2
	22		157	26	3.36	95	1.8
	26		122	25	3.65	105	3.1
	38		101	21	2.46	105	2.8
	42		234	31	3.68	110	2.9
	43		134	27	2.78	105	2.2
	ср.	16.5			4.20	98	3.3
IV	1		33	12	3.80	100	4.4
	4		33	16	4.15	101	4.4
	5		24	16	2.70	95	3.1
	6		11	6	2.12		4.0
	11		35	15	2.65	103	3.1
	12		21	14	2.42	98	3.1
	16		18	11	1.40		4.0
	27		47	16	2.28	120	3.1
	28		22	12	2.57	100	3.1
	36		48	14	2.02	85	2.8
	37		40	17	2.55	110	2.8
	ср.	34			2.61	101	3.4
V	13		26	11	2.80	110	
	14		10	7	2.86	100	
	15		21	12	2.62	95	
	29		43	16	2.85	115	
	30		25	14	1.62	105	
	31		14	8	2.40	100	
	32		15	12	3.87		
	33		20	12	2.85	105	
	34		18	12	3.08	95	
	35		22	15	2.05	100	
	ср.	58.5			2.70	103	

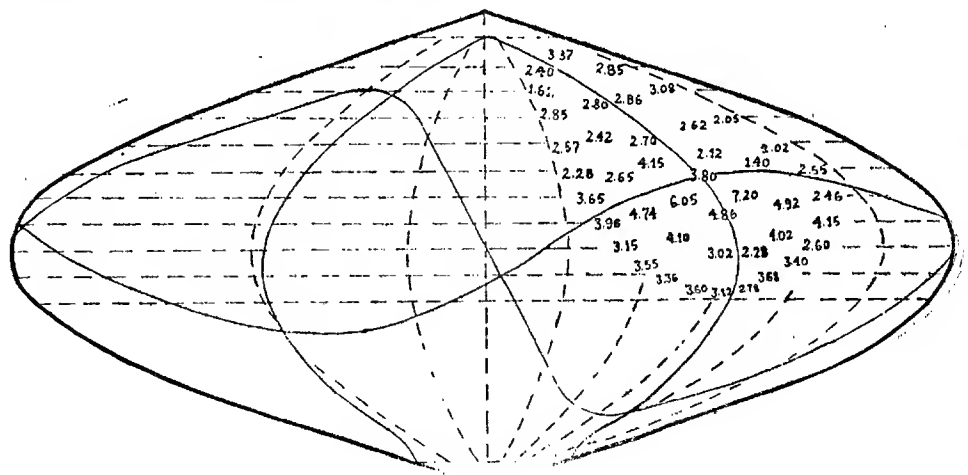
Среднее—для исследованных нами 43-х направлений—значение параметра a_0 оказалось равным 3.26 зв. величины, в то время как среднее по карте П. П. Пареняго, относящееся к 33-м из данных 43-х направлений, равно 3.2 зв. величины.

Среднее (из вычисленных 30-ти) значение параметра β почти в точности совпадает с 100 пс.

Отдельные значения a_0 для направлений на Площади Каптейна приводятся также и на схематической галактической карте (черт. 79).

Интересно и важно рассмотреть также ход кривых изменения избытка цвета с расстоянием, построенных по нашим наблюдениям, с ходом, получающимся по теории П. П. Пареняго. На чертежах 36—78 треугольники отмечают ход теоретических кривых.

Из 43-х случаев в 31-ом согласие между наблюдениями и теорией получается вполне хорошее. В 8-ми случаях согласие в среднем хорошее, но имеют место расхождения между наблюдаемыми и теоретическими кривыми в отдельных участках графиков, обусловленные вполне понятными причинами. А именно, теоретические кривые означают в общем средний ход, на кривых же, построенных по данным наблюдений, мы имеем случаи, когда на известных расстояниях покраснение резко возрастает, как бы указывая на дискретные облака рассеивающей материи (ПК 8, 18, 41), или когда поглощение вблизи мало и лишь на больших расстояниях от Солнца приобретает большое значение (ПК 27 и ПК 20, 22, 26, 42). Кривые, построенные по наблюдениям, более детализированы.



Чертеж 79

Лишь в 4-х случаях согласия между наблюдаемыми и теоретическими кривыми нельзя признать. Они относятся к ПК 7, 9, 24, 39. Во всех этих

случаях теоретические значения a_0 занижены и следовало бы исправить их, увеличив процентов на 40.

В общем же согласие наблюдений с теорией П. П. Паренгаго, выявляемое данным сопоставлением, заслуживает быть отмеченным. Впрочем, здесь важно отметить не столько согласие числовых значений, сколько способность формулы Паренгаго передать замедляющийся с расстоянием прирост поглощения, особенно заметный для высоких галактических широт. В этом отношении, часто еще применяемая простая формула пропорциональности поглощения расстоянию не выдерживает критики. Но самое лучшее, это — иметь детальные графики, вроде наших, основанные для данного небольшого участка неба на большом, однородном материале. Такие графики позволяют уверенно оценивать поглощение света для данных расстояний.

§ 14. Некоторые физические характеристики рассеивающей материи в Галактике. Заключительные замечания

Мы располагаем довольно богатым материалом для того, чтобы попытаться сделать на его основе оценки ряда величин, характеризующих физическую природу рассеивающей материи в Галактике.

Таковыми характеристиками являются: размер частиц межзвездной пыли, их пространственная плотность, средняя величина поглощения одной средней темной туманностью, размер последней, количество облаков межзвездной пыли в единице объема галактического пространства и, наконец, — общая масса темных туманностей в Галактике.

Оценке этих величин мы посвятим настоящий параграф.

К сожалению, подобные оценки не обладают удовлетворительной точностью. Наблюдениями охватывается очень небольшой объем Галактики, а результаты толкования этих наблюдений экстраполируются и распространяются на все галактическое пространство. Несмотря на это такие оценки имеют известный интерес и немалое значение.

Средний размер частичек рассеивающего вещества является важной характеристикой космической материи.

Известно обстоятельное теоретическое исследование вопроса о размерах частиц межзвездной пыли [940]. В нем показано, что преобладающим радиусом $\frac{d}{2}$ частиц космической пыли в межзвездном пространстве следует признать 10^{-5} см, так как эти размеры удовлетворяют закону поглощения $A \approx \lambda^{-1}$, который соответствует наблюдаемому дифференциальному поглощению.

Разумеется, речь идет о размере наиболее часто встречающихся частичек, ибо естественно, что в массе частиц межзвездной пыли должны встречаться и более крупные и более мелкие частички.

Однако размеры можно оценить из наблюдений, если знать поглощения для двух различных длин волн.

Хорошо известны исследования, выполненные в этой области О. А. Мельниковым и другими. Много усилий посвящено подобным исследованиям и Шален [800, 802 и др.]. Правда, его способ не свободен от серьезных недостатков, но тем не менее, не безинтересно получить его применением приблизительные оценки одновременно для различных галактических направлений.

Если наблюдаемую интенсивность излучения длины волны λ обозначить через J_λ , его начальную интенсивность — т. е. — интенсивность, до вступления в поглощающую среду — через $J_{0\lambda}$, а избирательный и нейтральный компоненты коэффициента ослабления света через K_λ и K_n , и наконец, путь луча в поглощающей среде через s , то будем иметь:

$$J_\lambda = J_{0\lambda} e^{-(K_\lambda + K_n)s}$$

Поглощение излучения длины волны λ можно выразить следующим образом:

$$A_\lambda = -2.5 \log \frac{J_\lambda}{J_{0\lambda}}$$

Но, тогда

$$A_\lambda = 2.5 \log e^{(K_\lambda + K_n)s}$$

Рассматривая отношение $\epsilon = \frac{A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2}}{A_{\lambda_2}}$, где λ_1 и λ_2 относятся к фотографическим и фотовизуальным длинам волн, соответственно, получим:

$$1 + \epsilon = \frac{K_{\lambda_1} + K_n}{K_{\lambda_2} + K_n}$$

Если пренебречь неселективной составляющей и применить выражения коэффициента поглощения по теории М и [687], то будем иметь:

$$1 + \epsilon = \frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2} \frac{J_m \left\{ \sum_{p=1}^{\infty} (-1)^p (a_p - p_p) \right\}_{\lambda_1}}{J_m \left\{ \sum_{p=1}^{\infty} (-1)^p (a_p - p_p) \right\}_{\lambda_2}}$$

Поскольку в последнем выражении a_p и p_p представляют собой некоторые функции d — диаметра поглощающих частиц, — наряду с другими величинами, то $1 + \epsilon$ можно рассматривать как величину зависящую от d . Поэтому, последнее соотношение и может послужить основой для вычисления размеров частиц поглощающей среды. J_m обозначает мнимую часть выражения в фигурной скобке.

Такие попытки делались неоднократно. Шален значительно упростил довольно сложные вычисления диаметров частиц, путем табулирования ряда величин, входящих в вычисления, а также и путем графического представления зависимости $\frac{K_{\lambda_1}}{K_{\lambda_2}}$ от d .

Как теорию М и ¹, так и способ Шалена нельзя, конечно, рассматривать как вполне удовлетворительное средство определения размеров частиц поглощающего межзвездного вещества. Во-первых, исходные допущения теории вводят условия, про которые заведомо можно сказать, что они могут быть отличными от реальных условий межзвездной среды. Неопределенными представляются значения оптических постоянных среды и необходимо считаться также с тем, что на теорию могут влиять неизбежные отступления от допущения шарообразности частичек. Впрочем, если даже допустить, что частички межзвездной материи имеют форму кристалликов, нельзя считать, что у них есть какая-либо определенная ориентировка относительно земного наблюдателя и потому допущение шарообразности вполне приемлемо в качестве исходного. Но, если менять допущения относительно химического состава частичек, то доставляемые наблюдениями данные можно толковать разное и нельзя получить однозначных выводов. Недостатком является и неопределенность в отношении нейтрального поглощения, возникающая в связи с пренебрежением соответствующими величинами в выражении для $1 + \epsilon$.

Наконец, практикуемое чрезмерно упрощенное рассмотрение электрических свойств, которые на самом деле могут иметь совершенно особый характер под воздействием излучения звезд и низкой температуры межзвездного пространства (Мельников [109]), также делают, со своей стороны, теорию М и спорной для астрономического практического применения.

Но, поскольку мы располагаем многими направлениями, различающимися между собой галактическими широтами, мы сочли целесообразным провести вычисления по изложенному способу, допуская, что неизбежные неопределенности и неточности войдут в вычисления одинаково для всех направлений и можно выявить хотя бы средний дифференциальный эффект различия размеров частичек для направлений, относящихся к различным широтам.

Мы исходили из наших данных об избирательном поглощении, вычисляли общее поглощение в фотографических лучах путем применения фактора перехода от избытка цвета к общему поглощению и выполняли вычисления для железа, пользуясь вместе с тем таблицами Шалена.

¹ Обстоятельный обзор теории М с точки зрения ее астрономического применения можно найти в работе Б. Ю. Левина [94]. О теории рассеяния см. также интересную работу И. А. Хвостикова [215].

Результат, который получен нами, можно представить в следующем виде.

За средний диаметр железных частиц межзвездной рассеивающей пыли можно принять 95—100 $m\mu$. Для отдельных направлений значение его колеблется от 85—90 до 105—110 $m\mu$.

Выделив в две отдельные группы, с одной стороны, четырнадцать Площадей Каптейна, галактические широты которых заключены в пределах $\pm 13^\circ$, а с другой—пятнадцать Площадей, расположенных выше $b=36^\circ$, и вычислив для них средние взвешенные групповые значения диаметра частиц, мы нашли, что средний диаметр в высоких широтах на 10—15% меньше среднего диаметра около галактической плоскости, т. е.

$$\begin{aligned} d &\approx 105 \text{ } m\mu \text{ для ср. галакт. широты } 7^\circ \\ \text{и } d &\approx 90 \text{ } m\mu \text{ " " " " } 52^\circ. \end{aligned}$$

Само собой разумеется, что этот результат имеет в виду допущение, что общие характеристики оптических постоянных, формы, химического состава и т. п. одинаковы для сред (вблизи и вдали от галактического экватора). Это допущение также не имеет вполне надежных оснований и несколько произвольно. Вычисления имеют лишь значение предварительных оценок.

Но основной вывод о различии размеров вблизи и вдали от галактической плоскости заслуживает внимания, хотя и требует проверки, в будущем, на новом и более полном материале и, главное,—исходя из более приемлемых теоретических основ.

Различному расположению в галактических пространствах крупных и мелких частиц межзвездной пыли можно искать объяснение как в гравитационных и динамических явлениях, относящихся ко всем материальным единицам Галактики и, в том числе,—к межзвездным частицам, так и в воздействии на последних светового давления со стороны звезд.

Наши вычисления и вычисления других авторов, подобные нашим, относятся, понятно, к галактическим окрестностям Солнца. Распространение же межзвездных частиц крупных и мелких размеров во всем галактическом пространстве может определяться закономерностями, обусловленными влияниями галактического ядра, спиральной структуры и т. п.

Вопрос этот является довольно сложным, но подробные исследования явлений рассеяния в темных туманностях и вне последних, или в пространствах, окружающих обыкновенные звезды и звезды, обладающие мощным потоком излучения, могли бы пролить свет на многие задачи, связанные с проблемой развития Галактики и развития отдельных видов составляющей последнюю материи.

В смысле тех же предварительных оценок можно вычислить и число частиц в единице объема. Для этого используется формула, вытекающая из теории М. и.

В том виде, какой ей окончательно придает Шален, формула пишется следующим образом:

$$N = \frac{A\lambda}{2.5 \log e} - \frac{\lambda}{H.6\pi.V} \frac{1}{J_m(-a_1 - a_2 - a_3 + p_1 + p_2)}$$

Ряд величин, входящих в это выражение для числа частиц— N , даны в табулированном виде в работе Шалена [802]. Однако, для тех длин волн, которые соответствуют нашим определениям, приходилось прибегать, вместе с тем, к несколько сложной интерполяции. Наряду с другими данными, необходимо вводить в вычисления и длину пути луча в поглощающей среде. Для оценки последней мы пользовались нашими графиками зависимости поглощения от расстояния.

Для характеристики низких широт мы использовали данные для ПК первых двух групп, а также и ПК 2, 3, 10, 20, 26 и 42. Для характеристики же высоких широт—данные ПК 1, 4, 5, 11, 12, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35 и 37. На графиках, соответствующих перечисленным здесь ПК, настолько явно выражены следы отдельных облаков поглощения (изломы), что могли быть более или менее надежно определены расстояния.

Для низких и высоких галактических широт, соответственно, получены следующие числа:

$$N = 4 \times 10^{-11} \text{ частицек в одном кубическом сантиметре}$$

$$\text{и } N = 2 \times 10^{-11} \text{ " " " " " "}$$

Следовательно, в высоких галактических широтах частички расположены в поглощающей среде в два раза реже.

Далее, можно оценить и плотность в отдельных объемах, взятых в направлениях низких и высоких галактических широт.

Плотность ρ в граммах на один кубический сантиметр, когда известно число частиц в единице объема, просто рассчитать; надо лишь принять определенное значение за удельный вес частиц. Так как все вычисления мы вели для железа, за удельный вес следовало бы принять 7.8. Но, мы предпочли взять меньшее значение, несколько приблизив его к удельному весу вещества, составляющего земную кору, считая, что одно железо не может быть характерным для состава межзвездной среды. Коротко говоря, плотность мы вычислили для вещества, удельный вес которого соответствовал бы 6-ти.

Объем частички для вещества, расположенного около галактической плоскости, равен: $0.55 \times 10^{-15} \text{ см}^3$, а в высоких широтах $0.45 \times 10^{-15} \text{ см}^3$.

Но, учитывая вычисленное нами число частиц в единице объема для последних двух случаев, приходим к следующим значениям плотности (при удельном весе 6):

$$\rho = 1.3 \times 10^{-16} \text{ грсм}^{-3} \text{ — в низких широтах}$$

$$\text{и } \rho = 5.4 \times 10^{-16} \text{ грсм}^{-3} \text{ — в высоких широтах.}$$

Ряд наших графиков обнаруживает некоторые изломы; один из них проступает явно, другие — лишь едва намечаются. Учитывая довольно большое число звезд, в большинстве случаев определяющих эти изломы, можно оценивать по ним покраснения на отдельных отрезках пути по лучу зрения и вместе с тем, — длину этих отрезков в парсеках.

Последние не относятся к отдельным, «элементарным» туманностям, но их можно рассматривать относящимися к некоторому комплексу туманностей или облаков. Можно принять такое представление, согласно которому мелкие — «элементарные» — облака объединяются некоторым образом в системы или комплексы облаков. Пользуясь нашим методом и материалом, легче выявлять именно эти «комплексные» туманности. Их и определяют изломы на наших графиках. Отдельные же «элементарные» облака теряются, «сглаживаясь», особенно на больших расстояниях.

Такое посистемное строение облаков межзвездной рассеивающей материи не может противоречить нашим взглядам на характер строения всей материальной Вселенной. Более того, нам кажется целесообразным подход к задачам, связанным с данными вопросами, исходя именно из подобного представления.

Мы определили по графикам среднее покраснение в одной системе облаков по 21 случаю в Площадах низких широт и по 15 случаям Площадей высоких широт, оценив вместе с тем и среднюю протяженность системы по лучу зрения.

Оказалось, что среднее покраснение равно 0.19 зв. величины около плоскости Галактики и 0.11 вдали от нее.

Этому соответствует полное фотографическое поглощение 0.99 и 0.57 зв. величины в двух последних случаях. При этом средние значения протяженности оказались 150 и 170 пс, соответственно.

Вспомним, что по ряду независимых определений советских астрономов, поглощение света отдельной темной туманностью равно, в среднем, 0.25 зв. величины (П. П. Паренaго [135]). Следовательно, полученные нами значения соответствуют четырем элементарным туманностям в низких широтах и примерно двум — в высоких¹. При этом последние приходятся на отрезок пути по лучу зрения в 170 пс, в то время как первые — на 150 пс. Если за предельный радиус туманности принять по Паренaго [135] 15 пс, то расположение 4-х туманностей на отрезке пути в 150 пс вполне допустимо. Отсюда вытекает, что в высоких галактических широтах рассеивающие облака межзвездной пыли расположены почти в три раза реже, чем в низких. При этом, ослабление света высокоширотными облаками в два раза

¹ Некоторое превышение покраснения надо отнести за счет рассеяния в пространствах между облаками, ибо не следует допускать, что облака строго дискретны; они лишь являются заметными уплотнениями в общей среде, в целом заполняющей все галактическое пространство.

меньше, чем облаками низких широт. Несмотря на это, в ряде случаев (в 3-х из семи) «комплексное облако», расположенное вдали и значительно удаленное по χ от галактической плоскости, рассеивает в той же степени, в какой и близкое облако того же направления.

По вышеприведенным данным относительно количества отдельных элементарных облаков на пути луча, получается следующее число их в одном кубическом килопарсеке:

$$\begin{aligned} 2 \times 10^4 & \text{ — вблизи галактической плоскости} \\ \text{и } 3.5 \times 10^3 & \text{ — вдали от нее.} \end{aligned}$$

Но, если считать, что 15 пс является верхним пределом радиуса облака и, что на самом деле могут присутствовать в большом количестве значительно меньшие по размерам облака, то полученные числа нужно увеличить почти на один порядок, но не на больше. Действительно облака могут быть не только мельче, но и покрупнее; Гринштейн ведь указал на такие, диаметр которых достигает 100 пс [482].

Тогда число темных туманностей в одном кубическом килопарсеке вблизи галактической плоскости будет равно 10^5 . По П. П. Паренаго [135] это число, приведенное к галактической плоскости, составляет 7×10^5 . Пылевыми туманностями должна быть занята, по крайней мере, сотая часть пространства, вблизи галактической плоскости, если считать средний радиус туманности равным 3 пс.

Однако число их вдали от галактической плоскости должно быть почти в десять раз меньше и равно 10^4 .

Во всяком случае расчеты подобных величин гораздо целесообразнее и необходимо вести дифференцированно для пространств, близких и далеких от галактической плоскости.

Сказанное относится также и к расчетам массы темной материи в Галактике. Определение этой величины с возможной точностью имеет большое значение, как с точки зрения галактической структуры и динамики, так и с точки зрения космогонии.

Естественно поэтому, что оценки массы делались неоднократно. Наиболее принятым значением для нее в настоящее время служит значение, полученное В. Г. Фесенковым и П. П. Паренаго [135].

Однако во всех предыдущих исследованиях осреднения допускались в большей степени, чем это желательно. В настоящее время, по крайней мере, возможно вести вычисления отдельно для различных направлений, более дифференцированно, и таким образом прийти к оценке общей массы.

Мы пошли таким именно путем, используя наш материал, относящийся к 43-м отдельным галактическим направлениям.

24. Бюлл. Абаст. астроф. obs. № 12

Вычисляя массу межзвездного вещества в индивидуальных, разно направленных объемах, т. е. в отдельных телесных углах, определяемых направлением и площадями ПК, мы получили массу в одном кубическом килопарсеке вокруг Солнца равной:

$$1.5 \times 10^{38} \text{ гр/кпс}^3$$

или

$$8 \times 10^4 M_{\odot},$$

т. е. почти

$$10^5 M_{\odot}.$$

Следовательно, масса одной туманности равна в среднем около двух масс Солнца. В общем, масса туманности порядка звездной массы. П. П. Паренаго нашел среднюю массу одной туманности равной 3.5 солнечной массы, т. е., примерно столько же [132].

Вычислим объем пространства, содержащего темные туманности. Последние составляют, в общем, плоскую подсистему, и объем, где они встречаются, равен $\pi \cdot 13^2 \cdot 0.2 = 106 \text{ кпс}^3$, поскольку за радиус Галактики следует принять 13 кпс, а 0.2 кпс есть удвоенное значение β и можно считать, что однородный слой от $-\beta$ до $+\beta$ заключает в себе всю массу. Тогда полная масса будет: $10^5 M_{\odot} \times 106 = 10^7 M_{\odot}$, т. е. 10^{40} гр/кпс^3 .

Это значение на один порядок меньше значения В. Г. Фесенкова и П. П. Паренаго.

Дифференцированные оценки масс в единицах объема, относящихся к разным галактическим широтам, — что до сих пор не делалось, — понижают значение общей массы.

Вычисления, проведенные здесь, касаются только пылевой составляющей межзвездного вещества. Если учесть обильно открываемые в последнее время диффузные туманности, которых, по мнению некоторых авторов на целый порядок больше, а также и нейтрально поглощающую составляющую, то значение массы межзвездного вещества в Галактике окажется значительно больше и хотя она будет меньше массы вещества, сконцентрированного в звездах, тем не менее составит заметную долю последней.

Наконец, сделаем еще одно замечание относительно общего пространства в галактическом пространстве межзвездного рассеивающего вещества.

Представляет интерес рассмотрение наших данных и с той целью, чтобы выявить возможную асимметрию избытков цвета по отношению к галактическому экватору.

Простое рассмотрение величины избирательного поглощения на первый килопарсек (таблицы XXXIX и XLI) показывает, что в пределах

$b = \pm 7\frac{1}{2}^\circ$ покраснение одинаково с обеих сторон от галактического экватора. Но при $b = \pm 13^\circ$ поглощение больше с северной стороны. Оно определено больше с севера и при $b = \pm 18^\circ$.

Такой результат можно было ожидать для отдельных направлений, особенно, где сосредоточены близкие облака рассеивающего вещества. Наконец, мы имеем указания на подобную асимметрию, например, в области Цефея [774]. Но рассмотрение перечисленных нескольких Площадей Каптейна может служить указанием уже на общую закономерность в пространственном распределении темной материи в Галактике.

Конечно, имеющийся у нас материал недостаточен для более или менее полного изучения данного вопроса. Но он дает указание на возможную асимметрию и последнюю необходимо исследовать подробно. Весьма целесообразно попытаться определить плоскость Галактики по невидимой межзвездной материи, в отличие от светящихся объектов, которые неоднократно использовались до сих пор для этой цели. Если будет подтверждено расхождение этой плоскости с плоскостью, вычисляемой по светящимся объектам, мы будем иметь перед собой факт большого значения, который потребует пересмотра ряда установившихся общих заключений и, вместе с тем, — исправления результатов некоторых вычислений.

Этот вопрос может приобрести большое значение с точки зрения космогонии. В связи с последней чрезвычайно важно было бы выяснить и ориентирование облаков рассеивающей материи по отношению к спиральным Галактики.

Но решение этих важных задач требует привлечения к исследованию значительно более обширного материала, в частности, — показателей цвета слабых звезд в Площадах Каптейна по кругам склонения $+30^\circ$, $+15^\circ$ и др. Кстати отметим, что мы приступили к определению показателей цвета звезд в Площадах Каптейна №№ 44 — 67, расположенных по кругу склонения $+30^\circ$.

Впрочем, очень неплохим средством изучения распространения темной материи по отношению к галактической плоскости может послужить возможно полный анализ темных туманностей и исследование их распределения в галактическом пространстве. Материалом могут служить карты и каталоги Барнарда, атлас Росса и другие литературные источники. Эту работу предпринял в Абастуманской обсерватории Д. Ш. Хавтаси.

В заключение отметим, что наш материал заслуживает внимания с точки зрения использования его для анализа пространственных плотностей звезд. Особенно интересны в этом отношении и средние и высокие галактические широты, где подобный анализ выполнялся редко и без нужной полноты. Конечно, получение надежных звездных плотностей представляет собой нелегкую задачу, но тем не менее, последнюю можно

удовлетворительно решить, привлекая известные методы или их модификации.

Тогда можно было бы проверить, в частности, соответствуют ли действительности высказываемые в литературе представления о том, что Солнце занимает участок пространства, характеризуемый пониженной звездной плотностью или, наоборот, — градиенты плотности должны быть отрицательны или, по крайней мере, постоянны.

Но вычисления пространственных звездных плотностей являются следующим этапом исследования и они не входили в задачи настоящей работы.

Заканчивая изложение нашей работы, мы считаем нужным сделать еще несколько замечаний.

Развитие работ и открытия, имевшие место за последние 1—2 года, подтвердили со всей убедительностью большую важность возможно полного и всестороннего изучения явлений, связанных с межзвездной материальной средой, вскрыв при этом еще одну новую сторону данной проблемы галактического поглощения света. Действительно, до сих пор последняя формировалась и развивалась в стремлении решать задачи: 1) внесения поправок в элементы, определяемые фотометрическим путем и 2) выяснения физических характеристик межзвездного вещества. Теперь же она выходит за пределы этих задач, преследуя цели, во-первых, изучения морфологии самого межзвездного вещества как одной из важнейших составляющих Вселенной, а во-вторых и главное, — выяснения вопросов взаимосвязи между звездным и межзвездным веществом.

Исходные положения материалистической философии именно так направляют наши представления и указывают на новую — космогоническую сторону данной проблемы, имеющую весьма актуальное значение. Астрономические открытия же, имевшие место в Советском Союзе за последний год, блестяще подтверждают данными наблюдений и установленными фактами принципиальную правильность избранного пути — искать решение космогонических задач в изучении взаимодействия между звездной и незвездной материей.

Эти открытия не только окончательно установили необходимость рассматривать происхождение и развитие звезд совместно с состоянием и развитием межзвездной материи (в частности — диффузной), но и привели уже к ряду важных выводов, способных пролить свет на характер связи между ними.

Мы имеем в виду новейшие исследования Г. А. Шайна и В. Г. Фесенкова, опубликованные в советской астрономической литературе за последние месяцы. Эти работы, наряду с другими исследованиями советских астрономов, и, при этом, в свете новых идей В. А. Амбарцумяна.

и новой теории О. Ю. Шмидта о происхождении Земли и планет поднимают проблему межзвездного поглощения на совершенно новую высоту. Их следовало бы подробно осветить здесь. Развитие исследований данной проблемы и успехи советских исследований в этой области, за последние 1-2 года, могли бы составить предмет отдельного обзора. Однако, мы ограничили себя в нашем обзоре (глава 1), законченном в начале 1951 года, состоянием проблемы и литературой, опубликованной до 1950 года, включительно.

Можно считать, что кардинальная проблема космогонии—образование звезд—близка к проблеме взаимосвязи между звездной и межзвездной материей и следовательно, проблема межзвездного вещества теперь уже не только структурная, динамическая и физическая проблема, но и чисто космогоническая.

Космогонические построения, толкующие происхождение и развитие звезд и звездных систем, нельзя вести в отрыве от данных изучения межзвездного вещества.

Вследствие этого, проблема галактического поглощения приобретает еще большую остроту и работы по ее всестороннему изучению вполне своевременны и требуют к себе еще большего внимания.

Главнейшей задачей ближайшего будущего надо считать выяснение взаимосвязи между звездным и межзвездным веществом. Но это последнее требует решения ряда отдельных задач, среди которых, может быть, на первое место следует поставить возможно полные наблюдательные определения массы межзвездного вещества и теоретические исследования процессов и механизма конденсирования газа и пылевой среды в условиях межзвездного пространства, а наряду с этим и процессов распада больших тел на мелкие. Вместе с тем, весьма важно понять взаимоотношение между газом и пылью.

При всем этом необходимо иметь в виду всеобщую взаимосвязь явлений и не следует подходить к исследованию проблемы, ставя вопрос о первичности или вторичности межзвездной среды, а надо направить внимание на уяснение явлений, связанных со взаимным обменом энергией между звездным и межзвездным веществом.

В свете изложенного здесь, нам представляется, что необходимость массовых определений ряда астрономических величин, увеличивающих наши фактические знания об явлениях астрономического мира, пока еще остается острой. А в связи с этим, каталожные работы, типа абастуманских работ по массовой колориметрии галактических и внегалактических объектов, своевременны и их необходимо вести и в дальнейшем и, по мере возможности, развивать.

Успех этих работ позволит разрешить многие важные задачи, среди которых, в качестве примеров, назовем:

1. Исследование избирательного и общего поглощения как функции галактической долготы, с целью выяснения характера галактического распределения частиц по величине,

2. Изучение избирательного поглощения в областях неба, где открыты и исследуются светлые диффузные туманности,

3. Детальное исследование поглощения в различных направлениях и на различных глубинах галактического пространства.

Эта последняя задача, решению которой, отчасти, посвящено и настоящее исследование, пока еще требует производства больших работ имея в виду, что как звездная Галактика, так и межзвездное галактическое вещество весьма сложны по своему строению и надо отказаться от представления распространения межзвездной материи упрощенными схемами. Но, вместе с тем, иррегулярность межзвездной среды тоже нельзя рассматривать упрощенно—как совершенно беспорядочное распространение материи, лишенное закономерностей и не связанное со звездами.

Напротив,—такое представление могло бы дезориентировать исследователя. Связь межзвездной материи со звездами возможно вскрыть в поисках закономерностей в распространении и физических характеристиках видимо «иррегулярной» межзвездной материи, а для этих целей важно вести, наряду с другими исследованиями, и подробное изучение поглощения света межзвездной пылью во многих индивидуальных направлениях в Галактике, подобно тому, как это осуществляется в Абастуманской астрофизической обсерватории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агекян Т. А. Определение функции плотности и коэффициента поглощения в плоскости Галактики. Уч. Зап. ЛГУ (сер. мат.) 18, 93, 1949
2. " К динамике звездных прохождений сквозь облака метеорной материи. Уч. Зап. ЛГУ (сер. мат.) 22, 33, 1950
3. " Динамика прохождений звезд сквозь пылевые облака. ДАН СССР 75, № 3, 361, 1950
4. Алания И. Ф., Кочлашвили Т. А. Опыт спектральной классификации звезд 9—10 зв. величины. 1950
5. Амбарцумян В. А. Флуктуации в числе внегалактических туманностей и галактическое поглощение. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 17, 1940
6. " К теории флуктуаций яркости в Млечном Пути. ДАН СССР 44, № 6, 244, 1944
7. " К вопросу о флуктуациях яркости Млечного пути. ДАН Арм. ССР 1, № 1—2, 9, 1944
8. " О флуктуациях яркости Млечного Пути. Бюлл. Абаст. Obs. № 8, 43, 1945
9. " К вопросу о характере связи диффузных туманностей с освещающими их звездами. ДАН Арм. ССР 2, № 3, 17, 1945
10. " К вопросу об относительном распределении светлой и поглощающей материи в Галактике. ДАН Арм. ССР 4, № 5, 133, 1946
11. " О поверхностных яркостях в Галактике. АЖ 23, № 5, 257, 1946
12. " Эволюция звезд и астрофизика. 1947
13. " Подсчеты внегалактических туманностей и галактическое поглощение. ДАН Арм. ССР 6, № 4, 105, 1947
14. " Звездные ассоциации. АЖ 26, № 1, 3, 1949
15. Амбарцумян В. А., Горделадзе Ш. Г. Проблема диффузных туманностей и космическое поглощение. Бюлл. Абаст. Obs. № 2, 37, 1938
16. Астапович И. С. Межзвездная система малых тел. Природа № 7, 12, 1937
17. Бадалян Г. С. Долгопериодические цефеиды и избирательное поглощение света в Галактике. Сообщ. Бюрак. Obs. № 3, 1949
18. Балановский И. А., Газе В. Ф. Облака поглощающей материи в Лебедь. Изв. Пулк. Obs. 14, № 2 (119), 1, 1935
19. Барабашев Н. П., Семейкин Б. Е. Über den Einfluss der Temperatur auf die charakteristische Kurve (Gradation) der photographischen Platte. AN 236, 354, 1929

20. Бартая Р. А. Определение спектральных параллаксов звезд ранних классов (В—А) по спектрам малой дисперсии. 1950
21. Бархатова К. А. Поглощение света и диаметры рассеянных звездных скоплений. АЖ 26, № 4, 251, 1949
22. " Движение рассеянных звездных скоплений. АЖ 26, № 4, 256, 1949
23. Белопольский А. А. (Извлечения из протоколов засед. Академии). Изв. Петерб. АН 19, 1903
24. " Определение лучевых скоростей звезды β Aurigae в связи с дисперсией мирового пространства. Изв. Петерб. АН. 21, 153, 1904
25. Берг (Лаврова) М. Д. Темная туманность в Цефее. Изв. Пулк. Obs. 15 (2), № 2, 1936
26. Берг М. Д., Стоянова К. Т. Каталог фотографических и фотовизуальных величин и спектров звезд в двух участках Млечного Пути. Труды Пулк. Obs. 51, 1, 1937
27. Бредихин Ф. А. Spectre des nébuleuses. Mem. Soc. Spectrosc. Ital., 4, 109, 1875
28. " Спектральные линии планетарных туманностей. Мат. Сборник 8, 362, 1876
29. " Наблюдения туманностей. Анналы Моск. Obs. 2, ч. 2, 114, 1876
30. " Спектры планетарных туманностей. Анналы Моск. Obs. 3, ч. 2, 120, 1877
31. Вашакидзе М. А. О пространственном распределении звезд типа F. Бюлл. Абаст. Obs. № 1, 87, 1937
32. " Распределение звезд типа А, F и G в направлении, перпендикулярном к галактической плоскости и в плоскости симметрии. Бюлл. Абаст. Obs. № 2, 109, 1938
33. " Селективное поглощение в Местной Системе. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 27, 1940
34. " Колор-индексы 140 внегалактических туманностей. Бюлл. Абаст. Obs. № 5, 1, 1940
35. " Колор-индексы 155 внегалактических туманностей. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 57, 1942
36. " Распределение звезд по спектральным классам в темных и светлых участках Млечного Пути. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 71, 1942
37. " Показатели цвета 215 внегалактических туманностей. Бюлл. Абаст. Obs. № 8, 26, 1945
38. " Изучение космического поглощения с помощью внегалактических туманностей и долгопериодических цефеид. 1950
39. " Определение поляризации излучения в нескольких диффузных туманностях. 1950

40. Вашакидзе М. А. О нейтральном поглощении в Галактике. 1950
41. Вашакидзе М. А., Харалдзе Е. К. Об одном способе определения колориндексов слабых звезд. Сообщ. Груз. Фил. АН ССР 1, № 9, 673, 1940
42. Вашакидзе М. А., Харалдзе Е. К. Ошибка фотометрического поля 8" объективов. Бюлл. Абаст. Обс. № 4, 139, 1940
43. Воронцов-Вельяминов Б. А. Photographic magnitudes of globular clusters. AN, 236, 1, 1929
44. " On the determination of light absorption in space from the physical characteristics of globular clusters. AN, 237, 381, 1930
45. " Possible origin of diffuse nebulae and of interstellar matter. Obs. 54, 216, 1931
46. " Происхождение диффузной материи в Галактике. Уч. Зап. Моск. Гос. Пед. инст. (сер. физ.-мат.) 7, № 3, 57, 1940
47. " Эволюция диффузной материи в Галактике и скачкообразная эволюция звезд. Усп. Астр. Н. 2, 287, 1941
48. " Диффузная газовая материя Усп. Астр. Н. 4, 208, 1948
49. Герасимович Б. П. О космической пыли в окрестностях звезд. РАЖ 1, № 1, 75, 1924
50. " Spectrophotometric temperatures of early stars. НС № 339, 1929
51. " Rayleighsche Streuung und anormale Sterntemperaturen. ZfAph 4, 265, 1932
52. " К вопросу о космическом поглощении. Пулк. Цирк. № 8, 8, 1933
53. " Космическое поглощение и галактическая концентрация классических цефеид. Пулк. Цирк. № 10, 9, 1934
54. Герасимович Б. П., Струве О. Physical properties of a gaseous substratum in the Galaxy. AphJ 69, 7, 1929
55. Гордон И. М. Дисперсия светимостей цефеид и поглощение света в ближайших внегалактических звездных системах. АЖ 22, № 5, 259, 1945
56. Гороховский Ю. Н. Спектральная сенситометрия. Труды ГОИ 14, 321, 1941
57. " Методы фотографической сенситометрии. 1948
58. Гуревич М. М., Пучейко Е. К. Измерение спектральной чувствительности фотоэлементов. Ж. Тех. Физ. 4, № 4, 748, 1934
59. Гурзадян Г. А. Гравитационное равновесие межзвездного водорода. АЖ 26, № 2, 104, 1949
60. Дейч А. Н. Определение собственных движений 18000 звезд в полях Каптейна в зонах от $+15^\circ$ до 75° склонения. Труды Пулк. Obs. 55, 1940
61. " Определение вековых параллаксов слабых звезд. ДАН СССР 44, № 3, 1944

62. Дейч А. Н. Определение межзвездного поглощения по собственным движениям звезд в нескольких избранных Площадах Каптейна. Астр. Цирк. АН СССР № 42, 1, 1945
63. " Вековые параллаксы слабых звезд, выведенные из Пулковского каталога собственных движений в Площадках Каптейна. Изв. Пулк. Obs. 17, 3, № 138, 2, 1947
64. " Определение поглощения света в темных туманностях по собственным движениям звезд. Изв. Пулк. Obs. 17, 6, № 141, 89, 1948
65. Дейч А. Н., Лавдовский В. В. Собственные движения 376 звезд вблизи вертекса потоков Каптейна ($\alpha=6^h0^m, \delta=+22^\circ$). Изв. Пулк. Obs. 17, 3, № 138, 60, 1947
66. Дейч А. Н., Лавдовский В. В. Собственные движения 3188 звезд в пяти специальных площадках Каптейна. Изв. Пулк. Obs. 17, № 141, 58, 1948
67. Лобровольский О. В. О строении темных областей Млечного Пути. Пулк. Цирк. № 29, 43, 1940
68. Добронравин П. П. Несколько замечаний к вопросу о методике фотографической фотометрии звезд. Бюлл. Абаст. Obs. № 1, 97, 1937
69. " Интегральный спектр двух участков Млечного Пути. Изв. АН СССР (сер. физ.) 4, № 1, 42, 1940
70. Домбровский В. А. Разность колор-экспоссов скоплений δ и γ Persei. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 69, 1940
71. " Изучение поляризации света звезд в области звездной ассоциации Цефея I. ДАН Арм. ССР 12, № 4, 103, 1950
72. " Опыт спектрофотометрического изучения туманностей. Уч. Зап. ЛГУ (сер. мат.) вып. 22, № 136, 167, 1950
73. Каландадзе Н. Б. Определение абсолютных величин слабых звезд поздних спектральных классов (G и K) по спектрам, полученным с объективной призмой. Бюлл. Абаст. Obs. № 10, 107, 1949
74. Каландадзе Н. Б., Бартая Р. А. Определение спектральных параллаксов звезд до девятой звездной величины. Астр. Цирк. АН СССР № 101—102, 7, 1950
75. Калиняк А. А., Красовский В. И., Никонов В. Б. Наблюдение области галактического центра в инфракрасных лучах. ДАН СССР 66, № 1, 25, 1949
76. Калитин Н. Н. Космическая пыль по актинометрическим измерениям. ДАН СССР 45, № 9, 395, 1944
77. Катушев Я. М., Шеберстов В. И. Основы теории фотографических процессов. 1944
78. Кислов Н. М. Теория оптических инструментов. 1915
79. Кочлашвили Т. А. Фотовизуальные величины 1813 звезд и избирательное поглощение света в трех участках Млечного Пути M34, M35 и Cetus. Бюлл. Абаст. Obs. № 11, 19, 1950

80. Кузмин Г. Г. Ueber die Abhängigkeit der interstellaren Absorption von der Wellenlänge. Труды Астр. Обс. Унив. Тарту 30, № 1, 13, 1938
81. " Ueber die Partikeldurchmesser-Verteilung in der interstellaren Materie. Труды Астр. Обс. Унив. Тарту 30, № 1, 25, 1938
82. " Межзвездная пылевая среда. Астр. Календарь Тартуской Обс. на 1948 год
83. " О происхождении материи зодиакального света. Астр. Календарь Тартуской Обс. на 1949 год
84. Кукаркин Б. В. Предварительный каталог средних цветовых эквивалентов 1207 звезд. Труды ГАИШ 10, № 2, 1, 1937
85. " Селективное и общее поглощение в плоскости Млечного Пути. АЖ 17, № 1, 13, 1940
86. " О природе поглощения света в плоскости Галактики. АЖ 17, № 1, 19, 1940
87. " Оптическая толщина селективного поглощения элементарной темной туманности. ДАН СССР 42, № 6, 251, 1944
88. Кумсишвили Я. И. Цветовые эквиваленты звезд с характеристикой "с". 1950
89. Куницкий Р. В. О форме кривой распределения звезд по видимым величинам на фоне темных туманностей. Труды ГАИШ 11, № 1, 89, 1939
90. " Определение расстояний и величины поглощения света темных туманностей. Труды ГАИШ 11, № 2, 95, 1939
91. Лавдовский В. В. Исследование темных туманностей в созвездиях Близнецов и Ориона по звездным подсчетам. Изв. Пулк. Obs. 16, (4), № 133, 1, 1941
92. Лебедев П. Н. La dispersion apparente de la lumière dans l'espace interstellaire. CR 146, 1254, 1908.
93. " L'impossibilité de démontrer l'existence d'une dispersion appréciable de la lumière dans l'espace interstellaire par la méthode Nordmann-Tikhov. CR 147, 515, 1908
94. Левин Б. Ю. Теория Ми и ее астрономические применения. АЖ 20, № 3, 14, 1943
95. Леман-Балановская И. Н. Исследование темной туманности около ζ Персея. Изв. Пулк. Obs. 14, (1), № 118, 1, 1935
96. Лепешинская В. Н. К вопросу о методике изготовления селеновых вентильных фотоэлементов типа ЦРЛ. Ж. Тех. физ. 4, 1077, 1934
97. Магалашвили Н. Л. Электроколориметрия затменной переменной U Orbiuchi. Бюлл. Абаст. Obs. № 10, 45, 1949
98. Максutow Д. Д. Астрономическая оптика. 1946
99. Маркарян Б. Е. Распределение звезд и космическое поглощение в направлении галактических полюсов. ДАН Арм. ССР 4, № 1, 1946

100. Маркарян Б. Е. Влияние межзвездной поглощающей материи на суммарную яркость звезд в направлении галактических полюсов. ДАН Арм. ССР 4, № 5, 129, 1946
101. " Флюктуации в видимом распределении звезд и космическое поглощение. Сообщ. Бюрак. Обс. № 1, 1946
102. Марков А. В. Спектральная чувствительность фотоэмульсий и расчет фотовизуальных фильтров. АЖ 11, № 4, 321, 1934
103. " Спектральная чувствительность фотоэмульсий и расчет фотовизуальных фильтров. Бюлл. АИ № 36, 267, 1934
104. " Теория микрофотометра и точность и правильность промера астрофотограмм. Изв. Пулк. Обс. 18, (3), № 144, 1, 1950
105. Мартынов Д. Я. Межзвездный газ. Природа № 2, 8, 1943
106. " Неоднородность межзвездной среды. Природа № 6, 40, 1943
107. " К вопросу об определении пространственной плотности звезд по фотографиям, полученным в двух лучах. АЖ 26, № 4, 221, 1949
108. Мегрелишвили Т. Г. Изучение некоторых физических свойств высоких слоев атмосферы методом электроколориметрии сумерек. Бюлл. Абаст. Обс. № 9, 105, 1948
109. Мельников О. А. Покраснение ранних с-звезд и закон космического поглощения. Пулк. Цирк. № 21, 3, 1937
110. " Материя в междузвездном пространстве. Природа № 1, 3, 1941
111. " О поглощении в окнах зоны избегания. Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 54, 1945
112. " Космическое поглощение по долгопериодическим Цефеидам в связи с вопросом о нульпункте кривой "период-светимость". Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 57, 1945
113. " О некоторых характеристиках межзвездного газа. АЖ 24, № 2, 73, 1947
114. " Спектрофотометрия звезд δ Цефея и у Орла и К-эффект для цефеид. Труды Пулк. Обс. 64, сер. II, 1950
115. " Экспедиция по наблюдению спектров звезд в ультрафиолетовой области. Астр. Цирк. АН СССР № 103-104, 18, 1950
116. Набоков М. Е. Номограмма для расчета неискаженного поглощением расстояния. АЖ 17, № 5, 79, 1940
117. Никонов В. Б. Упрощенный объективный микрофотометр для фотографической фотометрии. Бюлл. АИ № 46, 165, 1939
118. " О фотоэлектрической колориметрии звезд В8—В9, выполняемой на Абастуманской астрофизической обсерватории. Сообщ. АН Грузинской ССР 3, № 6, 509, 1942
119. " Тезисы к докладу на XXI Научной сессии отделения физ.-мат. наук АН Грузинской ССР 19-20 апреля 1946 г.: "Электрофотометрические работы Абастуманской Обсерватории", 1946

120. Никонов В. Б. Опыт построения фундаментального каталога фотоэлектрических цветовых эквивалентов звезд спектральных типов В8 и В9. 1950
121. Огородников К. Ф. Строение Галактики по данным статистики видимого распределения звезд на небе. Усп. Астр. Н. (старая серия) 3, 40, 1933
122. " Теоретический анализ метода Вольфа звездных подсчетов в темных областях. ДАН СССР 19, № 1, 41, 1938
123. " Теоретический анализ звездных подсчетов в темных областях. Изв. Пулк. Obs. 16, (3), № 132, 1, 1939
124. " Межзвездное поглощение и закон плотности Зеелигера. Пулк. Цирк. № 25, 14, 1939
125. " Разложение функции блеска по степеням коэффициента межзвездного поглощения. Уч. Зап. ЛГУ (сер. ф.—мат.) 18, № 116, 86, 1949
126. Огородников К. Ф., Добровольский О. В. Влияние дисперсии светимостей на результаты звездных подсчетов в темных туманностях. Пулк. Цирк. № 28, 19, 1940
127. Окунев Б. В. Статистика звездных спектров в области Млечного Пути около туманности „Америка“. Изв. Пулк. Obs. 10, (6), № 99 585, 1927
128. Паренаго П. П. Шкалы звездных величин. Усп. Астр. Н. (старая серия) вып. 2, 1933
129. " О межзвездном поглощении в четырех участках Млечного Пути. АЖ 14, № 2, 149, 1937
130. " Исследования, основанные на сводном каталоге звездных параллаксов ГАИШ. Труды ГАИШ 13, № 1, 59, 1940
131. " О темных туманностях и галактическом поглощении света. АЖ 17, № 4, 21, 1940
132. " О межзвездном поглощении света. АЖ 22, 3, 129, 1945
133. " Some work on the structure of the Galaxy. RA 53, 441, 1945
134. " Курс звездной астрономии. II изд., 1946
135. " Строение Галактики. Усп. Астр. Н. 4, 69, 1948
136. " Звездная астрономия. Сборник: Астрономия в СССР за тридцать лет, 127, 1948
137. " Распределение плотности и численность различных галактических субсистем. АЖ 25, № 2, 123, 1948
138. " Шкалы и каталоги звездных величин. Усп. Астр. Н. 4, 257, 1948
139. " О приоритете советских работ по межзвездному поглощению света. АЖ 27, № 1, 61, 1950
140. " О природе переменных звезд в туманности Ориона. Перем. Зв. 7, № 4 (70), 169, 1950
141. Паренаго П. П., Кукаркин Б. В., Флоря Н. Ф. Система шаровых скоплений. Труды ГАИШ 16, 47, 1949
142. Петров В. И. Межзвездные линии натрия в спектрах звезд спектральных классов R и N (Заметка). Природа № 5, 61, 1940

143. Петров В. И. О химическом составе галактического субстрата (Заметка). Природа № 6, 59, 1941
144. Пуцейко Е. К. О температурном коэффициенте селеновых фотоэлементов вентильного типа. Ж. Тех. Физ. 7, № 1, 10, 1937
145. Ривес В. The influence of the selective absorption in space upon a differential scale of stellar magnitudes. Труды Астр. Обс. Унив. Тарту 30, № 1, 1938
146. Рожковский Д. А. Фотографическая фотометрия избранных участков Млечного Пути. Инст. Астр. и Физ. АН Каз. ССР, 1950
147. Русаков Г. И. Флуктуации яркости Млечного Пути и физические характеристики диффузных туманностей. Уч. Зап. ЛГУ (сер. физ.—мат.) 18, № 116, 53, 1949
148. Рускол Е. Л. О форме и пространственной ориентировке темных туманностей. АЖ 27, № 6, 341, 1950
149. Сафронов В. С. Учет поглощения света звезд различных температур. АЖ 25, № 6, 356, 1948
150. Соболев В. В. Световое давление в расширяющейся туманности. АЖ 21, № 4, 143, 1944
151. Сольский Д. А., Шеберстов В. Н. Практическая сенситометрия. 1937
152. Стоянова К. Т. Темная туманность в Кассиопее. Изв. Пулк. Обс. 16, (3), № 132, 41, 1939
153. Струве В. Я. Etudes astronomiques. 1847
154. Сытинская Н. Н. Об аккумулятивном эффекте в фотографической фотометрии. Научный. Бюлл. ЛГУ № 22, 5, 1949
155. Тихов Г. А. La dispersion dans les espaces célestes. Mem. Soc. Spectrosc. Ital. 27, 1898
156. " Опыт изыскания дисперсии в межзвездном пространстве из наблюдений спектрально-двойной звезды. Изд. Екатеринбург. Высш. Горн. Училища, 1905
157. " Sur la dispersion de la lumière dans les espaces célestes. Revue historique de la question et premiers résultats. CR 146, 570, 1908
158. " Два метода изыскания рассеяния в небесном пространстве. Изв. Пулк. Обс. 2, № 21, 141, 1908
159. " Космическая дисперсия. РАЖ 14, 161, 1908
160. " Применение фильтров для исследования селективного ослабления света в межзвездном пространстве. Изв. Пулк. Обс. 3, № 26, 31, 1909
161. " Новые исследования над применением светофильтров в изысканиях селективного космического поглощения. Изв. Пулк. Обс. 3, № 29, 75, 1909
162. " Recherches nouvelles sur l'absorption sélective et la diffusion de la lumière dans les espaces interstellaires. CR 148, 266, 1909
163. " Об изысканиях избирательного Космического поглощения света. (I). Изв. Рус. Астр. Общ. 16, № 1, 1, 1910
164. " Об изысканиях избирательного Космического поглощения света. (II). Изв. Рус. Астр. Общ. 16, № 3, 90, 1910

165. Тихов Г. А. Определение цвета звезд и его приложение к исследованию избирательного Космического поглощения света и звездных температур. Изв. Пулк. Obs. 17, сер. II, 1912
166. " Исследование избирательного поглощения света в туманностях Плеяд. Изв. Пулк. Obs. 17, сер. II, приложение, 1913
167. " По поводу статьи В. Г. Фесенкова о поглощении света в мировом пространстве. Вестн. Всерос. Астр. Союза 2, 33, 1919
168. " Определение цвета звезд методом продольного спектрографа. Изв. Научн. инст. им. Лесгафта 10, 119, 1924
169. " Фотометрия, колориметрия звезд. Туманности, скопления и Млечный Путь. Сборник „Астрономия в СССР за 15 лет“, 56, 1932
170. " Теория продольной спектрографии и каталог цветов звезд BD в Плоадах №№ 1—43 систематического плана Каптейна. Труды Пулк. Obs. 50, сер. II, 1937
171. Торонджадзе А. Ф. Хроматические кривые 20-сантиметровых камер Абастуманской обсерватории. 1947
172. Туранский В. И. Определение космического поглощения света в плоскости Галактики при помощи звездного скопления NGC7086. Уч. Зап. Горьк. Гос. Унив. 13, 1947
173. Фаас В. А. Светофильтры. 1936
174. Фелорович В. П. Избытки цвета 23 долгопериодических цефеид. Перем. Зв. 7, № 5 (71), 221, 1950
175. Фесенков В. Г. О поглощении света в мировом пространстве. Вестн. Всерос. Астр. Союза 1, 67, 1918
176. " Определение эффективных температур 193 звезд. РАЖ 4, № 3, 169, 1927
177. " Определение звездных температур. АЖ 6, № 2, 89, 1929
178. " Determination of star temperatures. AN 236, № 19-20, 297, 1929
179. " Определение относительных градиентов звезд в фиолетовой области спектра в области Цефея и Ящерицы преимущественно ранних спектральных типов. АЖ 8, № 2, 102, 1931
180. " Фотометрический анализ светимости ночного неба. ДАН СССР 3, № 1, 24, 1935
181. " Исследование спектральной чувствительности фотопластинок в визуальных лучах спектра. Труды ГАИШ 6, № 2, 98, 1936
182. " О значении космической рассеянной материи в явлении светимости ночного неба и в связи с вопросом о бесконечности Вселенной. АЖ 14, № 5-6, 427, 1937
183. " Бесконечная вселенная и светимость ночного неба. ДАН СССР 15, № 3, 125, 1937
184. " Исследование ночного свечения неба. Труды ГАИШ 10, № 1, 3, 1937

185. Фесенков В. Г. Роль галактической метеорной материи в образовании зодиакального света. ДАН СССР 19, № 6-7, 449, 1938
186. " Изучение видимого распределения звезд в различных участках Млечного Пути. Труды ГАИШ 11, № 2, 42, 1939
187. " О колор-экспессе центральных областей Галактики. ДАН СССР 28, № 7, 590, 1940
188. " Определение колор-эквивалентов звезд до 5.5 величины между северным полюсом и -10° склонения. Труды ГАИШ 13, № 1, 5, 1940
189. " К вопросу об общей массе поглощающей материи в галактической системе. ДАН СССР 28, № 7, 593, 1940
190. " Колор-эквиваленты 1290 звезд. ДАН СССР 29, № 2, 86, 1940
191. " Космическая материя и зодиакальный свет. Метеоритика 2, 3, 1941
192. " Астероиды и космическая пыль. ДАН СССР 34, № 6, 163, 1942
193. " О поглощении света в темных галактических облаках. АЖ 22, № 5, 271, 1945
194. " Метеорная материя в межпланетном пространстве. 1947
195. Флоря Н. Ф. Поглощение света и распределение звездной плотности в Галактике (реферат работы Дж. Оорта). АЖ 16, № 6, 69, 1939
196. " Исследование поглощения света в межзвездном пространстве. Труды ГАИШ 16, 4, 1949
197. Фриш С. Э. Техника спектроскопии. 1936
198. Хабибуллин Ш. Т. К вопросу об анализе звездных подсчетов в двух лучах. АЖ 26, № 4, 219, 1949
199. " Распределение звездных плотностей в высоких галактических широтах. АЖ 26, № 5, 288, 1949
200. " Флюктуации в числах звезд, приведенных к галактическому полюсу, и межзвездное поглощение света. АЖ 27, № 2, 105, 1950
201. Харадзе Е. К. Качество изображений звезд в Абастумани по наблюдениям 1932 г. (Материалы к характеристике астрономических условий атмосферного режима абастуманского района). Бюлл. АИ № 38, 349, 1935
202. " К изучению пространственного поглощения света звезд в Местной Системе. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 39, 1940
203. " Пространственное поглощение света в Туманности Плеяд. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 53, 1940
204. " Колор-индексы 1758 звезд в пяти площадках Каптейна, расположенных в галактической плоскости. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 1, 1942
205. " Колор-индексы 4535 звезд в одиннадцати площадках Каптейна. Бюлл. Абаст. Obs. № 7, 99, 1943
206. " О работе по определению колор-индексов звезд в площадках Каптейна. Астр. Цирк. АН СССР № 21, 6, 1943

207. Харалдзе Е. К. Colour indices of stars of magnitude 11-13^m in Kapteyn Areas. Obs 65, 220, 1944
208. " Колор-индексы 3219 звезд в площадках Каптейна в зоне галактических широт $b = \pm 10-20^\circ$. Бюлл. Абаст. Obs. № 8, 71, 1946
209. " Колор-индексы 4488 звезд в восемнадцати площадках Каптейна расположенных на средних и высоких галактических широтах. Бюлл. Абаст. Obs. № 10, 125, 1949
210. " Изучение поглощения света в Галактике по избыткам цвета слабых звезд. ДАН СССР 71, № 2, 257, 1950
211. Харалдзе Е. К., Вашакидзе М. А. Исследование сферической аберрации и астигматизма 8" объективов камер 16" рефрактора Абастуманской обсерватории. Бюлл. Абаст. Obs. № 2, 131, 1938
212. Харалдзе Е. К., Вашакидзе М. А. Хроматические кривые 8" объективов камер 16" рефрактора. Бюлл. Абаст. Obs. № 3, 111, 1938
213. Харалдзе Е. К., Вашакидзе М. А. Исследование объектива 16" рефрактора Абастуманской обсерватории. Бюлл. Абаст. Obs. № 3, 121, 1938
214. Хвольсон О. Д. Курс физики 2, 620, 1923
215. Хвостиков И. А. Теория рассеяния света и ее применение к вопросам прозрачности атмосферы и туманов. Усп. Физ. Н. 24, № 2, 165, 1940
216. Холопов П. Н. О ядре Галактики. АЖ 27, № 2, 110, 1950
217. Чибисов К. В. Теория фотографических процессов. 1935
218. Чхаидзе Ш. М. К актинометрической характеристике курорта Абастумани. Бюлл. Абаст. Obs. № 8, 152, 1945
219. " Солнечная радиация и мутность атмосферы на горе Каноби. Бюлл. Абаст. Obs. № 11, 163, 1950
220. Шайн Г. А. О декременте интенсивности Бальмеровых линий в газовых туманностях. Пулк. Цирк. № 11, 8, 1934
221. " Die Absorption im Raum und die Farbe der in diffuse Nebel eingehüllten Sterne. ZfAph 8, 168, 1934
222. " On the effect of the total line and band absorption in stellar spectra. MN 94, 642, 1934
223. " Пространственное покраснение и распределение яркости в Млечном Пути. АЖ 14, № 4, 293, 1937
224. " Движение скопления Волос Вероники. Изв. Пулк. Obs. 16, (2), № 131, 1938
225. " Углеродные изотопы в спектрах звезд типа N. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 1, 1942
226. " Замечание о звездных ассоциациях. Изв. АН СССР (Сер. физ.) 14, № 1, 1950
227. Шайн Г. А., Газе В. Ф. Полосы тяжелой молекулы циана в спектрах углеродных звезд (фиолетовая система 2 Σ -2 Σ). Изв. Крым. Obs. 2, 131, 1948
25. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

228. Шайн Г. А., Газе В. Ф. Межзвездная материя и газовые туманности (Изложение доклада). Вестник АН СССР № 6, 36, 1950
229. Шайн Г. А., Газе В. Ф. Некоторые результаты исследования светлых галактических туманностей. Изв. АН Казахской ССР № 90 (сер. астро-бот.) № 1—2, 1950
230. Шайн Г. А., Добронравия П. П. Интегральный спектр Млечного Пути. Пулк. Цирк. № 28, 5, 1939
231. Шайн П. Ф. О темной туманности в Персее и Тельце. Пулк. Цирк. № 11, 3, 1934
232. " Избирательное поглощение в области раздвоения Млечного Пути около Орла. Пулк. Цирк. № 22-23, 13, 1937
233. " Изучение избирательного поглощения в области раздвоения Млечного Пути. Бюлл. Абаст. Обс. № 7, 189, 1943
234. Шаронов В. В. Определение кратности светофильтров трубочным фотометром. Бюлл. Научн.-исслед. инст. Аэрофотос. № 8-9, 16, 1934
235. " Исследование спектральной чувствительности некоторых фотографических материалов. Труды Центр. Научн.-иссл. инст. Геод., Аэрос., Картогр. № 20, 3, 1937
236. " Кратность светофильтров и ее расчет. Кинофотохимпро-мышл. 4, № 3, 15, 1938
237. Шеберстов В. И. Химия проявителей и проявления. 1941
238. Шкловский И. С. Об излучении радиоволн Галактикой и верхни-ми слоями атмосферы Солнца. АЖ 23, № 6, 333, 1946
239. " О радиоизлучении Галактики. АЖ 25, № 4, 237, 1948
240. " Монохроматическое радиоизлучение Галактики и возмож-ность его наблюдения. АЖ 26, № 1, 10, 1949
241. Эйгенсон М. С. Космическое поглощение на основе соотношения "скорость-расстояние" для внегалактических туманнос-тей. Пулк. Цирк. № 15, 22, 1935
242. " Flächenhelligkeit und kosmische Absorption in den Spiralne- beln. ZfAph 12, 213, 1936
243. " Галактическое поглощение на основе статистики видимых величин внегалактических туманностей. Пулк. Цирк. № 17, 17, 1936
244. " Внегалактические туманности и космическое поглоще-ние. Природа № 11—12, 5, 1938
245. " Поверхностная яркость ночного неба и бесконечность ас- тронимической вселенной. ДАН СССР 21, № 1—2, 11, 1938
246. " Поверхностная яркость ночного неба и бесконечность астрономической Вселенной. АЖ 16, № 3, 27, 1939
247. " О прозрачности метагалактического пространства. Пулк. Цирк. № 25, 13, 1939
248. " Пулковские исследования строения Вселенной (К столе- тию Пулковской обсерватории). Природа № 10, 15, 1939

249. Эйгенсон М. С. Селективное галактическое поглощение по внегалактическим туманностям. Пулк. Цирк. № 26—27, 27, 1939
250. " Вселенная Ламберта и парадокс Зеелигера. ДАН СССР 26, № 2, 140, 1940
251. " Строение Галактики и проблема межзвездного поглощения. Астр. Календарь на 1941 год
252. " О средней плотности материи в Метагалактике. ДАН СССР 63, № 2, 107, 1948
253. " Поглощение света в пространстве между галактиками. Природа № 1, 19, 1949
254. " Поглощение света в пространстве между галактиками. АЖ 26, № 5, 278, 1949
255. Эйгенсон М. С., Добровольский О. В. Космическое поглощение на различных галактических долготах. АЖ 17, № 5, 26, 1940
256. Курс Астрофизики и Звездной Астрономии (Пулковский курс) часть I, 1934
257. О поглощении света в пространстве (Заметка). Природа № 9, 837, 1928.
258. Adams W. S. Note on the relative intensity at different wavelengths of the spectra of some stars having large and small proper motions. AphJ 39, 82, 1914
259. " Some results with the Coudé spectrograph of the Mount Wilson Observatory. AphJ 93, 11, 1941
260. " What lies between the stars. PASP 53, 73, 1941
261. " Interstellar lines in a Cepheid variable. Publ. Am. Astr. Soc. 10, 114, 1941
262. " The structure of interstellar H and K lines in fifty stars. AphJ 97, 105, 1943
263. " Survey of the year's work at Mt Wilson. PASP 56, 213, 1944
264. " The gaseous clouds of interstellar space. PASP 60, 174, 1948
265. " The gaseous clouds of interstellar space. Draft Reports Int. Astr. Union, Zürich, 174, 1948
266. " Observations of interstellar H and K, molecular lines, and radial velocities in the spectra of 300 O and B stars. AphJ 109, 354, 1949
267. Albertos A., Gonzalez J., Gonzalez G. Space reddening in Puppis and Vela. AJ 51, 121, 1945
268. Aller L. H., Trumpler R. J. The ratio between photographic absorption and color absorption in interstellar space. PASP 51, 339, 1939
269. Alter G. A photographic survey of galactic clusters. I. Method of work and application to NGC 581 (M 103). MN 100, 387, 1940
270. " On the limits of uniform galactic absorption. MN 101, 84, 1941
271. " A photographic survey of galactic clusters. II. NGC 663, 659, 654, 559, Tr. 1; Appendix to NGC 581. MN 101, 89, 1941

272. Alter G. A photographic survey of galactic clusters. III. NGC 103, 129, 133, 136, 146, 225; Anonymous $\alpha^h 26^m 2, +26^\circ 32'$. MN 101, 298, 1941
273. " Galactic absorption and apparent distribution of spectral types. MN 101, 381, 1942
274. " On the limits of uniform galactic absorption. Obs 64, 39, 1942
275. " The system of galactic clusters in relation to the Galaxy. MN 102, 211, 1942
276. " A photographic survey of galactic clusters. IV. NGC 6596, 6603, 6605, 6613, 6618, 6645, 6647, l. C. 4725, Tr. 33, Cr. 371, 469. MN 103, 10, 1943
277. " Galactic absorption and star distribution. MN 103, 160, 1943
278. " A photographic survey of galactic clusters. V. NGC 189, L. 1590, 358, 366, 381, 322, 433, 436, 457, 609, 637, l. 166, 743. MN 104, 179, 1944
279. " A photographic survey of galactic clusters. VI. The cluster group in Cassiopeia. MN 104, 191, 1944
280. " On the distribution of interstellar matter. Mem. Obs. Czechoslovak Astr. Soc. Prague № 10, 1949
281. Andrews L. B. Dark nebulosity near S Monocerotis. PASP 7, 211, 1933
282. Anger C. J. Color excesses in the galactic cluster NGC 663. HB 883, 36, 1931
283. Angerer E. (Ангерер Е.). Научная фотография. 1933 (перевод)
284. Annear P. An investigation of galactic structure in a region of Cygnus. AJ 54, 181, 1949
285. Armeanca J. Photographische und photovisuelle Helligkeiten von polnahen Sternen. ZfAph 7, 78, 1933
286. Asklöf S. On the distribution of the stars around the nebula of Orion. Determination of the distance of the dark markings in the region of Orion. Uppsala Medd № 51, 1930
287. Atkinson R. D. E., Hunter A., Martin E. G. The relation between colour indices and gradients. MN 100, 196, 1940
288. Baade W., Minkowski R. The Trapezium cluster of the Orion nebula. AphJ 86, 119, 1937
289. Baade W., Minkowski R. Spectrophotometric investigations of some O and B type stars connected with the Orion nebula. AphJ 86, 123, 1937
290. Baker J. G. Surface photometry of line emissions in nebulosities. Harv. Obs. Mon. № 7, 1948
291. Baker R. H. Investigations of galactic structure. IV. The Milky Way. HC № 424, 1, 1939
292. " Analysis of a transverse section of the Milky Way in Aquila. AphJ 94, 493, 1941
293. Baker R. H., Kiefer L. HA 110, 1944
294. Baker R. H., Kiefer L. Analysis of the Milky Way in Ophiuchus and northern Sagittarius. AphJ 96, 224, 1942

295. Baker R. H., Nantkes E. Analysis of the Milky Way in Cassiopeia. *AphJ* **99**, 125, 1944
296. Barbier D., Chalonge D. Sur la loi d'absorption de la lumière par la matière interstellaire. *CR* **210**, 177, 1940
297. " Etude du rayonnement continu de quelques étoiles entre 3100 et 4600 Å. *Ann. d'Aph.*, **4**, 1, 1941
298. Barnard E. E. Photographs of comets and of Milky Way. *MN* **59**, 354, 1899
299. " On the vacant regions of the sky. *PA* **14**, 579, 1906
300. " A great photographic nebula near π and δ Scorpii. *AphJ* **23**, 144, 1906
301. " The nebulous regions in the Milky Way. *Science* № **5**, 566, 1907
302. " On a nebulous groundwork in the constellation Taurus. *AphJ* **25**, 218, 1907
303. " Туманная область в созвездии „Тельца“. *Изв. Рус. Астр. Общ.* **14**, 304, 1909
304. " On a great nebulous region and on the question of absorbing matter in space and the transparency of the nebulae. *AphJ* **31**, 8, 1910
305. " Dark regions in the sky suggesting an obscuration of light. *AphJ* **38**, 496, 1913
306. " Photographs of the Milky Way and of comets, made with the six-inch lens and Crocker telescope during the years 1892—1895. *Publ. Lick Obs.* **11**, 1914
307. " Some of the dark markings on the sky and what they suggest. *AphJ* **43**, 1, 1916
308. " On the dark markings of the sky with a catalogue of 182 such objects. *AphJ* **49**, 1, 1919
309. " Atlas of selected regions of the Milky Way. *Publ. Carnegie Inst.* № 247, 1927
310. Beals C. S. The relative intensities of interstellar calcium and sodium lines. *MN* **93**, 585, 1933
311. " Intensities of interstellar lines. *MN* **94**, 663, 1934
312. " On the interpretation of interstellar lines. *MN* **96**, 661, 1936
313. " Spectrographic studies of Nova Lacertae 1936. *Publ. Dom. Obs. Victoria* **6**, 317, 1937
314. " Evidence for complex structure of lines of interstellar sodium. *AphJ* **87**, 568, 1938
315. " Complex sodium lines of possibly interstellar origin. *Publ. Am. Astr. Soc.* **9**, 115, 1938
316. " Interstellar matter (Report on the Progress of astronomy). *MN* **102**, 96, 1942
317. " The material of interstellar space. *PA* **52**, 209, 1944
318. " The nature of absorbing material within the Galaxy and its influence on estimates of galactic dimensions. *J. R. A. Soc. Canada* **39**, 329, 1945

319. Beals C. S., Blanchet G. H. A line at $\lambda 4430.5$ of possibly interstellar origin. *PASP* **49**, 224, 1937
320. Beals G. S., Blanchet G. H. An absorption line at $\lambda 4430.6$ of possibly interstellar origin. *MN* **98**, 398, 1938
321. Becker F. Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. I. Publ. Aph. Obs. Potsdam **27**, 1, 1929
322. " Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. II. Publ. Aph. Obs. Potsdam, **27**, 141, 1930
323. " Ueber interstellare Massen und die Absorption des Sternlichtes im Weltraum. *Erg. Exakt. Naturw.* **9**, 1, 1930
324. " Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. III. Publ. Aph. Obs. Potsdam **27**, 194, 1935
325. " Zur selektiven interstellaren Absorption. *ZfAph* **11**, 356, 1936
326. " Absorption interstellaire et système stellaire local. *Ann. d'Aph.* **1**, 28, 1938
327. Becker W. Statistische Untersuchungen auf Grund lichtelektrischer Farbenindizes von 738 Sternen. *ZfAph* **5**, 101, 1932
328. " Lichtelektrische Farbenindizes von 738 Sternen. I. Beobachtungen und Katalog. *Veröff. Univ. Sternw. Berlin-Babelsberg* **10**, № 3, 1, 1933
329. " Bemerkungen zur Beziehung zwischen Farbenindex und Spektraltypus. *ZfAph* **7**, 281, 1933
330. " Zum Problem der selektiven Absorption im interstellaren Raume. *Naturwiss.* **22**, 581, 1934
331. " Rothelligkeiten von 190 Sternen. *ZfAph* **9**, 79, 1934
332. " Selektive Absorption im „Kohlensack“ und seiner Umgebung. *ZfAph* **9**, 382, 1935
333. " Zum Problem der selektiven Absorption und der Verfärbung der c-Sterne. *ZfAph* **11**, 98, 1935
334. " Lichtelektrische Farbenindizes von 738 Sternen. II. Beobachtungsergebnisse. *Veröff. Univ. Sternw. Berlin-Babelsberg* **10**, № 6, 1, 1935
335. " Neue interstellare Linien. *Sterne* **№ 2**, 39, 1937
336. " Materie im interstellaren Raume. 1938
337. " Eine Methode zur Feststellung interstellarer Verfärbung bei sehr lichtschwachen Sternen. *ZfAph* **15**, 225, 1938
338. " Interstellar absorption in selected regions of the Milky Way. Part 1. *ZfAph* **17**, 285, 1939
339. " Ueber den Ursprung der Verfärbung der „gelben“ B-Sterne und der cB-Sterne. *ZfAph* **18**, 25, 1939
340. " Die interstellare Verfärbung als ein Mittel zur Bestimmung absoluter Helligkeiten von cB-Sternen und anderen Objekten. *ZfAph* **18**, 45, 1939
341. " Bestimmung absoluter Helligkeiten von O-Sternen aus der interstellaren Verfärbung. *ZfAph* **18**, 94, 1939
342. " Die Methode der Farbdifferenz und ihre Bedeutung für die Stellarstatistik. *Mitteil. Wiener Sternw.* **3**, № 5, 55, 1941

343. Becker W. The method of color differences and its significance for stellar statistics. AN **272**, 179, 1942
344. " Sterne und Sternsysteme. 1942
345. " Über die Notwendigkeit einer Reform der Astronomischen Integralphotometrie. I. Veröff. Univ. Sternw. Göttingen, № 79, 1946
346. " Die vier Standard-Spektralbereiche der astronomischen Integralphotometrie und die Helligkeiten der Polsequenz in ihnen (Beiträge zur Reform der astronomischen Integralphotometrie. II). Veröff. Univ. Sternw. Göttingen, № 80, 1946
347. " Einige Beziehungen zwischen den Standard Helligkeiten und anderen Größen, sowie Standard-Helligkeiten im SA 89 (Beiträge zur Reform der astronomischen Integralphotometrie, III). Veröff. Univ. Sternw. Göttingen, № 81, 1946
348. " Kolorimetrische Untersuchung an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie, NGC 7654 (M52) und Umgebung. Veröff. Univ. Sternw. Göttingen № 82, 1946
349. " Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie NGC 6811, AN **275**, 229, 1947
350. " Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie M 37. (NGC 2099). AN **276**, 1, 1947
351. " The method of color-difference (Note). AphJ **107**, 278, 1948
352. " On the determination of interstellar reddening at very great distances using RR Lyrae-stars. Himmelswelt **55**, 76, 1948
353. " Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie. NGC 6910. AN **277**, 233, 1949
354. Becker W., Günther S. Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie. NGC 663. AN **275**, 145, 1947
355. Becker W., Stock J. Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie. Die Stern-Gruppe NGC 6913-M 29. AN **278**, 115, 1950
356. Bennett L. L. Color indices observed with the Loomis telescope. AphJ **85**, 257, 1937
357. Berman L. The effect of space reddening on the Balmer decrement in planetary nebulae. MN **96**, 890, 1936
358. " A study of the galactic rotation from the date of the planetary nebulae. Bull. Lick Obs. **18**, 57, 1937
359. Bernheimer W. Kungl. Fysiogr. Sällskapets i Lund Forhändl **1**, № 5, 1931
360. " Zur photometrischen Skala der Visuellen Totalhelligkeiten von NGC-Objekten. Circ. Lund Obs. **5**, 1934

361. Bertaud C. Bull. Astr. 11, 157, 1938
362. Bok B. J. The analysis of star counts. HC № 371, 1931
363. " A study of the η Carinae region. Harv. Repr. № 77, 1932
364. " The distribution of stars in space. 1937
365. " Galactic density gradients. AphJ 90, 249, 1939
366. " Galactic research in Holland during 1942. AphJ 98, 235, 1943
367. " Galactic structure in Puppis and Vela. AJ 51, 121, 1945
368. " Dimensions and masses of dark Nebulae Harv. Obs. Mon. № 7, 53, 1948
369. Bok B. J., Boutelle B. D., Olmsted M. Space reddening and density gradients for the anticenter (Abstract). AJ 53, 197, 1948
370. Bok B., Lindsay E. Stellar distribution in the vicinity of southern galactic window. Proc. Nat. Ac. Sc. 24, 4, 1938
371. Bok B., Olmsted M. Photographic colors of faint Cepheids in Cygnus (Abstract). AJ 54, 123, 1949
372. Bok B., Olmsted M., Boutelle B. D. The Milky Way at the junction of Gemini, Monoceros, and Orion. AphJ 110, 21, 1949
373. Bok B. J., Reilly E. F. Small dark nebulae. AphJ 105, 255, 1947
374. Bok B. J., Rendall-Arons J. M. The Milky Way in Monoceros. AphJ 101, 280, 1945
375. Bok B. J., Swann W. F. Photovisual magnitudes for the selected areas at $\delta = +75^\circ$. HA 105, 371, 1937
376. Bok B., Wright F. W. The stellar distribution for two southern fields. AphJ 101, 300, 1945
377. Bottlinger K. F. Lichtelektrische Farbenindizes von 459 Sternen. Veröff. Univ. Sternw. Berlin-Babelsberg 3, 1, 1923
378. " Sternzahlen und interstellare Absorption. ZfAph 5, 50, 1932
379. Bottlinger K. F., Schneller H. Ueber die interstellare Absorption innerhalb der Milchstrasse. ZfAph 1, 339, 1930
380. Brill A. Ein Kriterium für die Existenz einer allgemeinen interstellaren Absorption. ZfAph 5, 288, 1932
381. " Über die numerische Lösung der Integralgleichung der Stellarstatistik bei interstellarer Absorption. ZfAph 8, 379, 1934
382. " Über die Lösungen der Integralgleichung der Stellarstatistik. AN 257, 253, 1935
383. Brown F. G. The absorption of light in space. MN 72, 198, 1912
384. " The absorption of light in space (second paper). MN 72, 718, 1912
385. Brück H. Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. IV. Publ. Aph. Obs. Potsdam 28, 1, 1933
386. " Ueber die Verteilung der Spektraltypen in Dunkelwolken. ZfAph 8, 75, 1934
387. Bruggencate ten P. The Absorption of light in open star clusters. Bull. Astr. Inst. Netherl. 4, 51, 1927
388. " Die Bestimmung einer allgemeinen Absorption des Lichtes im Weltraum. Zs. Phys. 57, 631, 1929
389. " Die offenen oder galaktischen Sternhaufen. Naturwiss. 18, 725, 1930

390. Ruggencate ten P. Bemerkungen über eine Absorption des Lichtes im Weltraum. ZfAph 8, 157, 1934
391. Interstellar line absorption. Naturwiss. 28, 289, 1940
392. Buisson H., Fabry Ch., Bourget H. An application of interference to the study of the Orion nebula. AphJ 40, 241, 1914
393. Camm G. L. An analysis of the motions of Cepheid variable stars with reference to galactic rotation and absorption. MN 104, 163, 1944
394. Campbell W. W., Moore J. H. The spectrographic velocities of the bright-line nebulae. Publ. Lick Obs., 13, 77, 1918
395. Campbell W. W., Wright W. H. Observations of the spectrum of Nova Persei. PASP 13, 223, 1901
396. Campbell W. W., Wright W. H. Observations of the spectrum of Nova Persei. Bull. Lick Obs. № 8, 1901
397. Carpenter E. F. An apparent effect of galactic light-absorption in the extragalactic nebulae. PASP 45, 227, 1933
398. Cashman R. Y. New photo-conductive cells. J. Opt. Soc. Am. 46, 356, 1946
399. Cederblad S. Studies of bright diffuse galactic nebulae with special regard to their spatial distribution. Lund Medd (II) 12, № 119, 1946
400. Cernuschi F. The physics of cosmic grains. AphJ 105, 241, 1947
401. Reply to D. ter Haar's remarks on my paper "The physics of cosmic grains". AphJ 107, 417, 1948
402. Chandrasekhar S., Münch G. The theory of the fluctuations in brightness of the Milky Way. I. AphJ. 112, 380, 1950
403. The theory of the fluctuations in brightness of the Milky Way. II. AphJ 113, 1950
404. Charlier C. V. L. Now an infinite world may be built up. Lund Medd № 98, 1922
405. Studies in Stellar Statistics. V. Lund Medd. Ser. II, 34, 1926
406. Chéseaux J. F. Sur la force de la lumière et sa propagation dans l'Ether, et sur la distance des étoiles fixes. Mémoires posthumes sur différents sujets d'astronomie et de mathématique, 1764
407. Clasen M. Ch. Farbenindizes in den offenen Sternhaufen NGC 1027 und IC 1805 und den Kapteynschen Eichfeldern 26, 35 und 40. AN 264, 33, 1937
408. Colacevich A. Eccesso di colore e riga K del calcio nell'assorbimento interstellare. Rome Lincei Rend. 17, 1065, 1933
409. Collins O. C. Color Indices of reflection nebulae. AphJ 86, 529, 1937
410. Collmann W. Ultraviolett-blau-und ultrarot-Helligkeiten von hellen Sternen ZfAph 9, 185, 1934
411. Comstock G. C. Provisional results of an examination of the proper motions of certain faint stars. AJ 24, 43, 1904
412. Corlin A. On the existence of obscuring matter in the vicinity of our solar system. ZfAph 11, 221, 1936
413. La densité d'une nébuleuse obscure entourant le système solaire, calculée d'après les mouvements cométaires Ann. d' Aph 1, 247, 1938
414. Cuffey J. The humidity effect in astronomical practice. HB № 905, 12, 1937

415. Cuffey J. Red indices in galactic clusters. HA 105, 403, 1937
416. " Red indices in galactic clusters. II. Messier 35, NGC2158, IC2157, NGC2129, 1817, 2266, 2281. HA 106, 39, 1938
417. " Galactic clusters NGC2126 and NGC2194. AphJ 97, 93, 1943
418. Curtis H. D. A study of occulting matter in the spiral nebulae. Bull. Lick Obs. 13, 45, 1918
419. Davis L. Jr., Greenstein J. L. Polarization of starlight by interstellar dust particles in a galactic magnetic field. Phys. Rev. 75, 1605, 1949
420. Davis L. Jr., Greenstein J. L. The origin of interstellar polarization. AJ 55, 71, 1950
421. Donn B. The behavior of interstellar matter near the hot stars. AJ 55, 168, 1950
422. Douglas A. E., Herzberg G. CH⁺ in interstellar space and in the laboratory, AphJ 94, 381, 1941
423. Douglas A. E., Herzberg G. Band spectrum and structure of the CH⁺ molecule; identification of these interstellar lines. Canadian J. Research A, 20, 71, 1942
424. Douglas D. Observations of the interstellar band at $\lambda 4430$. AJ 55, 168, 1950
425. Dufay J. Brilliance des nébuleuses extragalactiques et absorption de la lumière dans la Voie Lactée. CR 196, 101, 1933
426. " L'absorption de la lumière dans l'espace et la brilliance des nébuleuses extragalactiques. J. des Observ. 16, 77, 1933
427. " Le problème de l'absorption neutre dans l'espace interstellaire. CR 228, 1277, 1949
428. " Absorption interstellaire et rotation galactique. Ann. d'Aph 12, 306, 1949
429. Dufay J. Smoukovich D. La densité optique de la Voie Lactée dans une direction perpendiculaire au plan galactique déduite des dénombrements d'étoiles. CR 208, 1204, 1939
430. Dufay J. Sau-Pin Liau. Sur l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire. CR 196, 1373, 1933
431. Dufay J. Sau-Pin Liau. Sur les indices de couleur des étoiles O et B et l'absorption sélective de la lumière dans l'espace. CR 205, 787, 1937
432. Dufay J. Sau-Pin Liau. Indices de couleur des étoiles O et B et absorption sélective. Ann. d'Aph 1, 219, 1938
433. Duke D. Observations of the interstellar band at $\lambda 4430$. AJ 55, 168, 1950
434. Duncan J. C. Photographic studies of nebulae. AphJ 86, 496, 1937
435. " Photographic studies of nebulae. VI. The great nebulous region in Cygnus photographed in red light. AphJ. 109, 479, 1949
436. Dunham Th. Jr. Forbidden transitions in the spectrum of interstellar ionized Titanium. Nature 139, 246, 1936
437. " Interstellar neutral potassium and neutral calcium. PASP 49, 26, 1937
438. " The material of interstellar space. Proc. Am. Phil. Soc. 81, 277, 1939

439. Dunham Th. Jr. The concentration of interstellar molecules. *Publ. Am. Astr. Soc.* **10**, 123, 1941
440. Dunham Th. Jr., Adams W. S. New interstellar lines in the ultraviolet spectrum. *Publ. Am. Astr. Soc.* **9**, 5, 1937
441. Dunham Th. Jr., Adams W. S. Iron as an interstellar gas. *PASP* **53**, 341, 1941
442. Dyson F. W., Melotte P. J. The region of the sky between 3^h and $5^h 30^m$ and north declination 20° to 35° . *MN* **80**, 3, 1919
443. Eddington A. S. The internal constitution of the stars. 1926
444. " Diffuse matter in interstellar space. *Proc. Roy. Soc. Ser. A*, **111**, 424, 1926
445. " The density of interstellar calcium and sodium. *MN* **95**, 2, 1934
446. " Interstellar matter. *Obs.* **60**, 99, 1937
447. Elvey G. T., Photo-electric colors of stars of early type. *AphJ* **74**, 298, 1931
448. Elvey G. T., Mehlin T. G. Photo-electric colors of stars of early type in Cepheus. *AphJ* **75**, 354, 1932
449. Elvey G., Roach F. E. A photo-electric study of the light from the night sky. *AphJ* **85**, 213, 1937
450. Elvius T. Preliminary report on a spectrophotometric investigation in Kapteyn's Selected Areas Nos 2, 6, 7, 15, 16 and 19. *Stockh. Obs. Ann.* **14**, № 8, 1945
451. Evans J. W. Interstellar line intensities and the distances of the B stars. *AphJ* **93**, 275, 1941
452. " The effect of temperature upon the spectral sensitivity of photographic emulsions. *J. Opt. Soc. Am.* **32**, 4, 1942
453. Eyster E. H. Note on the interpretation of unidentified interstellar lines. *AphJ* **86**, 486, 1937
454. Fabry C. Interstellar space. *MN* **98**, 681, 1938
455. Farnsworth A. H. A study of effective wavelengths with the recording microphotometer. *Bull. Lick Obs.* № 456, 145, 1933
456. Gaposchkin S., Greenstein J. On the distance of the variable nebula NGC 6729 associated with R Coronae Austrinae. *HB* № 904, 8, 1936
457. Gialanella L. Indici di colore di ammassi globulari e nebulose, e ricerche sull' assorbimento della luce nello spazio interstellare. *Rend. R. Ac. d'Italia (Classe sci. fis. mat. natur.)* [7] **2**, 312, 1941
458. Gleissberg W. Interstellare Diffusion als Ursache der Farbenexzesse. *AN* **246**, 329, 1932
459. " Farbenexzesse und interstellare Streuung des Sternlichtes. *AN* **248**, 317, 1933
460. " Bemerkungen zur Absorption und Verfärbung des Sternlichts in der Milchstrasse. *AN* **249**, 373, 1933
461. " Untersuchungen über die galaktische Verfärbung auf Grund der Graffschen Farbenexzesse. *Publ. Istanbul Univ. Obs.* **1**, 1, 1935
462. " Die Abhängigkeit der Verfärbung von der Wellenlänge bei 37 B-Sternen. *Publ. Istanbul Univ. Obs.* **4**, 61, 1936

463. Gleissberg W. Untersuchung über die Verfärbung von 65 Sternen. Publ. Istanbul Univ. Obs. 6, 1936
464. " Ueber den Verlauf der selektiven Absorption bei 133 Sternen. Publ. Istanbul Univ. Obs. 1937
465. " Helligkeitskorrekturen für 53 Sterne wegen interstellarer Absorption. ZfAph 13, 255, 1937
466. Goedicke V. Red magnitudes of 4195 faint A-G stars in declination $+15^{\circ}$ to $+20^{\circ}$. AJ 50, 145, 1943
467. " Red magnitudes of 3555 faint A-G stars in declination $+10^{\circ}$ to $+15^{\circ}$. AJ 51, 168, 1945
468. Graff K. Kolorimetrische Durchmusterung der Sterne bis 5^m zwischen dem Nordpol und 40° südlicher Deklination. Mitteil. Wiener Sternw. 3, 117, 1933
469. " Eine rote Wolke im Orion. Mitteil. Wiener Sternw. 3, 279, 1933
470. " Visuelle Farben der Sterne und ihre Beziehung zur galaktischen Breite. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. 2a, 285, 1933
471. " Die diffusen Nebel in der Gegend des Orion. Mitteil. Wiener Sternw. 4, 227, 1935
472. " Interpretation of selective absorption in the region of Cassiopeia. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. 147(2a), 63, 1938
473. " Visual colour excesses of bright stars in the region of Camelopardis. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. 147 (2a), 285, 1938
474. " Colours of bright stars in the region of ξ , ζ and θ Persei. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. 147 (2a), 289, 1938
475. " Selektive Raumverfärbung in der grossen Cygnus-Wolke. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. 149(2a), 1, 1940
476. " Selektive Absorption in Grenzgebiet Scutum-Sagittarius. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. 149(2a), 213, 1940
477. " Raumverfärbung in der Milchstrasse nach photoelektrischen und visualkolorimetrischen Messungen. Mitteil. Wiener Sternw. 4, 63, 1948
478. " Raumverfärbung in der Milchstrasse nach photoelektrischen und visualkolorimetrischen Messungen. Sitzungsber. Öst. Ak. Wiss. 11a, 157, 1, 1949
479. Gratton L. Spectrophotometric study of faint stars in the Pleiades region. Stockh. Obs. Ann. 13, 3, 1939
480. Greaves W. M. H., Davidson C., Martin E. The low Colour-temperature of ζ Persei MN 88, 703, 1928
481. Greaves W. M. H. Davidson C., Martin E. Note on the low colour temperature of some early-type stars with strong Ca^+ lines. MN 89, 125, 1928
482. Greenstein J. L. The effect of absorbing clouds on the general absorption coefficient. HA 105, 359, 1937
483. " Radiation pressure in galactic nebulae. AphJ 85, 242, 1937
484. " Theory of interstellar absorption. HC № 422, 1938
485. " A determination of selective absorption based on the spectrophotometry of reddened B stars. AphJ 87, 151, 1938

486. Greenstein J. L. An experiment in interstellar reddening. PA 54, 139, 1941
487. " The spectrophotometric researches of Barbier and Chalonge. AphJ 97, 445, 1943
488. " The ratio of interstellar absorption to reddening. AphJ 104, 403, 1946
489. " Stars in diffuse nebulae. Harv. Obs. Mon. № 7, 19, 1943
490. " Stars in diffuse nebulae. AphJ 107, 375, 1948
491. Greenstein J. L., Aller Z. H. The interstellar $\lambda 4430$ Band. AphJ 111, 328, 1950
492. Greenstein J. L., Henyey L. G. The spectra of the North America Nebula and of the Cygni Nebula. AphJ 86, 620, 1937
493. Greenstein J. L., Henyey L. G. Some new spectra of galactic nebulae. AphJ 87, 79, 1938
494. Greenstein J. L., Henyey L. G. The ratio of interstellar absorption to reddening. AphJ 93, 327, 1941
495. Greenstein J. L., Struve O. Interstellar calcium and color-excess. AphJ 90, 625, 1939
496. Quintini P. Possibility of improving the statistical determination of distance of B-type stars. Ann. d'Aph. 5, 114, 1943
497. Güssow M. Lichtelektrische Helligkeiten und Farbenindizes von 94 ausgewählten Fixsternen. ZfAph 20, 25, 1940
498. Guthnick P. Das Problem der interstellaren Linien in den Sternspektren. Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss. für 1936, 193, 1936
499. Guthnick P., Hügerel P. Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und Spektrums der Nova Aquilae. AN 210, 345, 1920
500. Guthnick P., Pavel F. Abnorm gefärbter Stern. AN 212, 503, 1921
501. Gyllenberg W. On the distribution of the apparent magnitudes of the foreground stars of dark nebulae. Lund. Medd. № 52, 1929
502. " Notes on a method to determine the cosmic absorption. Lund. Medd. № 144, 1936
503. Haar D. ter. On the origin of smoke particles in the interstellar gas. Bull. Astr. Inst. Netherl. 10, 1, 1943
504. " On the origin of smoke particles in the interstellar gas. AphJ 100, 288, 1944
505. " Remarks on Cernuschi's paper „The physics of cosmic grains“ (Note). AphJ 106, 484, 1947
506. Haar D. ter, Hulst van de H. C., Oort J. H., Woervom van A. J. J. Ned. Tijds. v. Natuurk 10, 238, 1943
507. Hagen J. G. Die dunklen kosmischen Nebel. AN 213, 351, 1921
508. " Stufenschätzungen dunkler Nebel. AN 214, 449, 1921
509. " Dunkle Nebel. und Sternleeren. AN Jub. Nr. 13, 1921
510. " A map showing obscure nebulae and their situation towards the Milky Way. MN 81, 449, 1921
511. " A preparatory catalogue for a Durchmusterung of nebulae. Specola Astr. Vatic. 10, 159, 1922

512. Hagen J. G. A Durchmusterung of the heavens for obscure cosmic clouds
The obscure cosmic clouds south of Zeta Orionis. Attid. Pontif.
Accad. Rom. d. Nuovi Lincei, 1922
513. " A Durchmusterung of the Heavens for Obscure Cosmic Clouds
Attid. Pontif. Accad. Rom. d. Nuovi Lincei 76 (Febr), 1923
514. " On W. Herschel Nebulous Regions. Attid. Pontif. Accad. Rom.
d. Nuovi Lincei 76 (Mai), 1923
515. Hall J. S. Photo-electric photometry in the infra-red with the Loomis
telescope AphJ 79, 145, 1934
516. " Photoelectric photometry at the Sproul Observatory. AphJ 84,
369, 1936
517. " Observations of B-type stars in the red and infrared regions
of the spectrum. AphJ 85, 145, 1937
518. " Spectrophotometry of 67 bright stars with a photoelectric cell.
AphJ 94, 71, 1941
519. " Observations of the polarized light from stars. Science 109, 166,
1949
520. Hall J. S., Mikesell A. H. Observations of polarized light from stars.
AJ 54, 187, 1949
521. Halley E. On the infinity of fix'd stars; On the number, order and light
of the fix'd stars. Phil. Trans., 31, 1720
522. Halm J. On the question of extinction of light in space and the relations
between stellar magnitudes, distances and proper motions. MN
77, 243, 1917
523. " Statistical investigation of the distribution of the stars and their
luminosities. MN 80, 162, 1919
524. Hartmann J. Untersuchungen über das Spectrum und die Bahn von δ
Orionis. AphJ 19, 268, 1904
525. " Objektivuntersuchungen. Zs. f. Instrumk № 24, 1, 1904
526. " Untersuchungen über das 80-cm Objektiv des Potsdamer Refrak-
tors. Publ. Aph. Obs. Potsdam 15, (2), 106, 1908
527. Hartwig G. Untersuchungen über die Auriga-Dunkelwolke. ZfAph 17,
191, 1939
528. Heger M. L. The occurrence of stationary D lines of sodium in the
spectroscopic binaries β Scorpii and δ Orionis. Bull. Lick Obs. 10, 59,
1919
529. Henseling R. Neues von Staub zwischen den Sternen. Himmelskalender
für 1942, 46, 1941
530. Henyey L. G. On the polarization of light in reflection nebulae. AphJ
84, 609, 1936
531. " Observations of the polarization of light in reflection nebulae.
PASP 8, 243, 1936
532. " Note on interstellar scattering. AphJ 85, 255, 1937
533. Henyey L. G., Greenstein J. L. The theory of the colors of reflection
nebulae. AphJ 88, 580, 1938
534. Henyey L. G., Greenstein J. L. Diffuse radiation in the Galaxy. AphJ 93,
70, 1941
535. Hermann, H. Bemerkungen zu B. Jung: „Die Entstehung fester Parti-
kel in interstellarem Raume“ in AN 263. AN 273, 79, 1942
536. Herschel W. Scientific papers. 1912

537. Hertzsprung E. On the colours of some stars of spectral class between O₅ and A₃. Bull. Astr. Inst. Netherl. **1**, 217, 1923
538. Heyden F. J. Colors of early-type stars in the southern Milky Way. AphJ **99**, 8, 1944
539. Heyl P. R. The apparent dispersion of light in space. AphJ **30**, 40, 1909
540. Hiemstra B. Dark clouds in Kapteyns special areas 2, 5, 9 and 24 and the proper motions of the stars in these regions. Gron. Publ. № 48, 1938
541. Hill S. J. A discussion of the photographic magnitudes of 31.735 stars between +20° and +30° and between +50° and +60°. AJ **50**, 55, 1942
542. Hiltner W. A. Polarization of light from distant stars by interstellar medium. Science **109**, 165, 1949
543. " On the presence of polarization in the continuous radiation of stars. AphJ **109**, 471, 1949
544. " Polarization of radiation from distant stars by the interstellar medium. Nature **163**, 282, 1949
545. " On polarization of radiation by interstellar medium. Phys. Rev. **78**, 170, 1950
546. Hoffmeister C. Das interstellare System der Kleinkörper. Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss., **18**, 195, 1936
547. Holmberg E. A study of double and multiple galaxies together with inquiries into some general metagalactic problems with an appendix containing a catalogue of 827 double and multiple galaxies. Lund. Obs. Ann. **6**, 1937
548. " Photometric and Statistical investigation of 1119 Stars in the Hyades Region. Lund. Medd. **2**, № 113, 1944
549. Holmberg E. On the absorption in the spiral nebulae. Lund. Medd. Ser. **11**, 120, 1947
550. " A study of the absorption in NGC 5195. Lund. Medd. Ser. **1**. N 170, 1950
551. Hoyle F. On the structure of disk-shaped extragalactic nebulae. I. On the temperature of interstellar material and the shapes of the nebulae. II. On the condensation of stars, the luminosity function and the distribution of bright stars. MN **105**, 287, 1945
552. " Note on the condensation of interstellar material in stars. MN **107**, 334, 1947
553. Hoyle F., Lyttleton R. A. Evolution of stars. Proc. Phil. Soc. Cambridge **35**, 592, 1939
554. Huang Su-shu. On the Doppler broadening of absorption lines by turbulence and by multiple interstellar clouds. AphJ **112**, 399, 1950
555. Hubble E. A general study of diffuse galactic nebulae. AphJ **56**, 162, 1922
556. " The source of luminosity in galactic nebulae. AphJ **56**, 400, 1922
557. " NGC 6822, a remote stellar system. AphJ **62**, 409, 1925
558. " A spiral nebula as a stellar system. AphJ **63**, 236, 1926
559. " Extra-galactic nebulae. AphJ **64**, 321, 1926
560. " The distribution of the extra-galactic nebulae. AphJ **79**, 8, 1934

561. Huggins W. On the spectra of some of the Nebulae. Phil. Trans. Roy. Soc. **154**, 437, 1864
562. Hulst van de H. C. Optics of spherical particles. Rech. Astr. Obs. Utrecht **11**, 1, 1946
563. " Spectral photometry of the dark line of NGC4594 (Abstract). AJ **53**, 118, 1948
564. " Evolution and physics of solid particles. Harv. Obs. Mon. № 7, 73, 1948
565. " The solid particles in interstellar space. Rech. Astr. Obs. Utrecht **11**, 2, 1949
566. " The amount of polarization by interstellar grains. AphJ **112**, 1, 1950
567. Hunt M. R., Patterson F. S., Raymond E. A. Colour indices of early type stars from the Harvard mimeographs. HB № 911, 17, 1939
568. Hunter A. The absorption of light in interstellar space. Rep. on Progress in Phys. **7**, 150, 1940
569. " Selective absorption of light in interstellar space, Nature **147**, 152, 1941
570. Hunter A., Martin E. G. The effect of absolute magnitude on star colours. MN **100**, 656, 1940
571. " Space reddening in the Galaxy. MN **100**, 669, 1940
572. Ives H. E. Some photographic phenomena bearing upon dispersion of light in space. AphJ **31**, 197, 1910
573. Jäger F. W. Die Methode der Farbdifferenzen. Sterne № 4—6, 88, 1949
574. Jentsch C., Unsöld A. On the explanation of the interstellar calcium and sodium lines. Zs. Phys. **125**, 370, 1948
575. Jones H. S. The absorption of light in space. MN **75**, 4, 1914
576. Jones L. Photographic sensitometry. 1931
577. Joy A. H. Evidence for galactic rotation and space absorption from Cepheid variables. PASP **45**, 202, 1933
578. " Rotation effects, interstellar absorption and certain dynamical constants of the Galaxy determined from Cepheid variables. AphJ **89**, 356, 1939
579. Jung B. Ueber die Existenzmöglichkeit absorbierender Materie im Kosmos. ZfAph **9**, 1, 1934
580. " Die Entstehung fester Partikel im interstellaren Raum. AN **263**, 425, 1937
581. " Über die Entstehung der dunklen festen Materie im Weltraum. VJS **72**, 308, 1937
582. " Über das Anwachsen der festen, dunklen Materie im Weltall. Forsch. u. Fortschr. **13**, 346, 1937
583. Kamp P. van de. On the absorption of light in space. AJ **40**, 145, 1930
584. " On the thickness of the galactic absorbing layer. AJ **41**, 84, 1931
585. " On the absorption of light in the galactic system. AJ **42**, 97, 1932
586. " Note on the space distribution of globular clusters. AJ **42**, 161, 1933

587. Kamp P. van de, Vyssotsky A. N. Analysis of 18.000 proper motions derived at the Leander McCormick Observatory. Proc. Nat. Ac. Soc. **21**, 419, 1935
588. Kamp van de, Vissotsky A. M. A study of the proper motions of 18.000 stars derived at the Leander McCormick Observatory. AJ **46**, 25, 1937
589. Kapteyn J. C. Remarks on the determination of the number and mean parallaxes of stars of different magnitude and the absorption of light in space. AJ **24**, 115, 1904
590. " Plan of Selected Areas. Groningen, 1906
591. " Recent researches in the structure of the universe. Nature **78**, 210; 234, 1908
592. " On the absorption of light in space Contr. MtWils. Obs. № 31, 1, 1909
593. " On the absorption of light in space. Contr. MtWils. Obs. № 42, 1909
594. " Plan of Selected Areas (second edition by P. I. van Rhijn). Groningen, 1923
595. Kapteyn J. C., Sitter, W. de. The proper motions of 3300 stars of different galactic latitudes, derived from photographic plates prepared by prof. Anders Danner. Gron. Publ. № 19, 1908
596. Keeler J. E. Spectroscopic observations of nebulae made at Mount Hamilton, California, with the 36-inch telescope of the Lick Observatory. Publ. Lick Obs. **3**, 161, 1894
597. Keenan Ph. C. Photometry of the diffuse nebula NGC7023. AphJ **84**, 600, 1936
598. " Spectral types of stars of the NPS. AphJ **91**, 113, 1940
599. Keenan, Babcock. Interstellar absorption near the north pole of rotation. AphJ **93**, 64, 1941
600. Kiefer L., Baker R. H. Analysis of the Milky Way in Auriga. AphJ **94**, 482, 1941
601. Kienle H. Die Absorption des Lichtes im interstellaren Raume. Jahrb. Radiakt. u. Elektr. **20**, 1923
602. " On the low temperature of the B1-type Star ζ Persei. MN **88**, 700, 1928
603. " Die Absorption des Lichtes im interstellaren Raume. Erg. Exakt. Naturw. **9**, 1, 1932
604. " Das Gesetz der Verfärbung bei ρ Persei. ZfAph **20**, 13, 1940
605. Kienle H., Strassl H., Wempe J. Die relative Energieverteilung im kontinuierlichen Spektrum von 36 Fundamentalsternen. ZfAph **16**, 201, 1938
606. King E. S. Photographic magnitudes of 153 stars. HA **59**, 182, 1910
607. " Absorption of light in space. PA **21**, 28, 1913
608. " Absorbing medium in space. HA **76**, 1, 1914
609. Klauder H. Ueber die Stabilität von Dunkelwolken. AN **262**, 233, 1937
610. Klüber H. Das Vorkommen der Elemente im Kosmos. 1931
611. " Sternabzählungen im Dunkelnebel des Taurus. ZfAph **6**, 259, 1933
612. " Ergänzende Sternabzählungen im Dunkelnebel des Taurus. ZfAph **13**, 174, 1937
26. Бюлл. Абаст. астроф. общ., № 12

613. Kopff A. Die Verteilung der Fixsterne um den grossen Orionnebel und den Amerika-nebel. Publ. Königstuhl Heidelb. **1**, 177, 1902
614. Kramers H. A. Haar ter D. Condensation in interstellar space. Bull. Astr. Inst. Netherl. № 371, 1946
615. Kreiken E. A. Some remarks on the apparent surface brightness of the Milky Way. ZfAph **12**, 340, 1936
616. „ On the general aspect of the Milky Way. ZfAph **17**, 170, 1939
617. Kuiper G. P., Wilson W., Cashman R. J. An infrared stellar spectrometer. AphJ **106**, 243, 1937
618. Lambrecht H. Interstellare Materie. Naturwiss. **25**, 631, 1937
619. „ Astronomische Mitteilungen (Die Kosmische Herkunft der Sternschnuppen). Naturwiss. **25**, 813, 1937
620. „ Neuentdeckte interstellare Linien. Weltall **37**, 253, 1937
621. „ Über die Bewegungsverhältnisse des interstellaren Gases. AN **277**, 1, 1949
622. „ Interstellare Wasserstoff-Emissions Gebiete und Kosmische Kurzwellen-Strahlung. Sterne № 9—12, 129, 1949
623. Lambrecht H., Siedentopf H. Die Verteilung diffuser Materie im Felde eines Sternhaufens. AN **257**, 333, 1935
624. Lange B. Ueber die Temperaturabhängigkeit des Sperrschicht-Photoeffektes. Phys. Zs. **32**, 850, 1931
625. Langer R. M. Table of observable interstellar lines. Phys. Rev. (2) **51**, 145, 1937
626. László D. Ueber die Schwächung des Lichtes durch die interstellare Materie. Mat. és fiz. **49**, 187, 1942
627. Ledoux P. A summary of the symposium on interstellar lines at the Yerkes observatory on June 30, 1941. PA **44**, 513, 1941
628. Lehmann H. Anwendung der Hartmann'schen Methode der Zonenprüfung auf astronomische Objektive. Zs. f. Instrumk. **22**, 103, 1902
629. Lindblad B. On the decrease of star density with distance from the galactic plane. Uppsala Medd. № 14, 1, 1926
630. „ On the constitution and development of rotating stellar systems. MN **95**, 12, 1934
631. „ A condensation theory of meteoric matter and its cosmological significance. Nature **135**, 133, 1935
632. „ Le rôle général de la matière absorbante dans les systemes stellaires. Ann. d'Aph. **1**, 173, 1938
633. „ On the absorption of light in the central region of the spiral nebula NGC7331 and related subjects. Stockh. Obs. Ann. **14**, № 3, 1942
634. Lindsay E. M. Ratio of total to selective absorption (Note). Nature **165**, 363, 1950
635. Lindsay E. M., Bok B. J. Investigations of galactic structure. 1. Counts of stars with apparent photographic magnitudes brighter than 13.5 in the southern hemisphere. HA **105**, 255, 1937

636. Linke F. Erleidet das Licht im interstellaren Raume eine Zerstreuung? Weltall № 10, 90, 1909
637. Lohmann W., Miczaika G. R. Selektive Absorption in den 4 Kapteynschen Eichfeldern 8, 9, 18 und 41. Veröff. Badisch. Landessternw. Heidelb. 14, 81, 1947
638. Lohnert K. Sternverteilung um die grossen Nebel bei ζ Persei und bei 12 Monocerotis. Publ. Königstuhl. Heidelb. 2, 159, 1906
639. Lundby A. On the proper motions of stars and the absorption of light in the region of the open cluster M 52. Uppsala Obs. Ann. 1, № 10, 1946
640. Lundmark K. The motions and the distances of spiral nebulae. MN 85, 865, 1925
641. " De mörka nebulosornas utbredning (The distribution of dark nebulae). Uppsala Medd. № 12, 18, 1926
642. " The distribution in space of the anagalactic nebulae as derived from the diameter laws and from physically connected objects. VJS 61, 254, 1926
643. " A preliminary classification of nebulae. Ark. Mat. Astr. Fys. 19, № 8, 1926
644. " Double spiral nebulae and the law of the variation of the absolute dimensions of anagalactic nebulae. Ark. Mat. Astr. Fys. 19, № 19, 1926
645. Luppo-Cramer W. Die Grundlagen der photographischen Negativverfahren, 1929
646. Luyten W. J., Dartayet M. Preliminary color indices for stars of large proper motion. AphJ 96, 55, 1942
647. Mac Rae D. A. A note on the Milky Way in Scorpio. HB, № 974, 1940
648. Maitre V. L'absorption de la lumière des étoiles dans le plan galactique. CR 208, 1878, 1939
649. Malmquist K. G. Investigations on the stars in high galactic latitudes. I. Colours and magnitudes of 3700 stars within 10° of the north galactic pole. Medd. Lund Obs. № 37, 1927
650. " Investigations on the stars in high galactic latitudes. II. Photographic magnitudes and colour indices of about 4500 stars near the north galactic pole. Stockh. Obs. Ann. 12, № 7, 1936
651. " The effect of an absorption of light in space upon some relations in stellar statistics. Ark. Mat. Astr. Fys. 25, № 14, 1936
652. " A contribution to the absorption problem. Stockh. Obs. Ann. 13, № 4, 1939
653. " On the determination of distance, absorbing power and radial extension of a dark nebula. Ann. Astr. Obs. Uppsala, 1, № 7, 1943
654. " Some problems concerning dark nebulae. Ann. Astr. Obs. Uppsala 1, № 8, 1944

655. Malmquist K. G., Hufnagel L. The distribution in space of the stars of type A as derived from the Draper Catalogue. *Astr. iakktagelser och undersökningar å Stockh. Obs.* 11, № 9, 1933
656. Martel Marie-Thérèse. Absorption différentielle dans la direction perpendiculaire au plan galactique. *Ann. d'Aph.* 12, 275, 1949
657. " Epaisseur de la couche absorbante galactique. *Ann. d'Aph.* 13, 102, 1950
658. Martin E. G. Space reddening deduced from moving cluster in Perseus. *MN* 99, 467, 1939
659. " Obscured regions in the Greenwich Astrographic Zone. *MN* 102, 237, 1942
660. " Obscuration around the north pole. *MN* 102, 261, 1942
661. McCrea W. H. The size of interstellar clouds. *Obs* 70, 100, 1950
662. McCuskey S. W. The galactic structure in Taurus. I. Surface distribution of stars. *AphJ* 88, 209, 1938
663. " The galactic structure in Taurus. II. The space distribution of the stars. *AphJ* 89, 568, 1939
664. " The galactic structure in the Taurus. III. Density gradients from spectral type distribution. IV. The dark nebula in Taurus. *AphJ* 94, 468, 1941
665. " Density gradients in the anticenter region of the Milky Way. *AphJ* 102, 32, 1945
666. " Stellar spectra in Milky Way regions. I. A region in Aquila. *AphJ* 109, 426, 1949
667. McCuskey W., Seyfert C. K. Variations in the stellar luminosity function. I. Regions in Aquila and Cygnus. *AphJ* 106, 1, 1947
668. McKellar A. Evidence for the molecular origin of some hitherto unidentified interstellar lines. *PASP* 52, 187, 1940
669. " Identification of interstellar lines. *Publ. Dom. Obs. Victoria* 7, № 15, 1940
670. " The problem of possible molecular identification for interstellar lines. *PASP* 53, 233, 1941
671. McLaughlin D. B. A note on the absorption of light in the Galaxy. *AJ* 51, 97, 1945
672. Mees Kenneth C. E. (Миз К.). Теория фотографического процесса. 1949 (перевод).
673. Melotte P. J. New nebulae shown on Franklin-Adams Chart Plates. *MN* 86, 636, 1926
674. Merrill P. W. Unidentified interstellar lines. *PASP* 46, 206, 1934
675. " Regional study of interstellar lines. *AphJ* 86, 28, 1937
676. " Notes on interstellar sodium. *PASP* 49, 219, 1937
677. " Unidentified interstellar lines. *Phys. Rev. (2)* 52, 761, 1937
678. " Stationary emission lines in the spectrum of ν Sagittarii. *PASP* 56, 42, 1944
679. " Distribution of interstellar gas. *PASP* 58, 354, 1946
680. Merrill P. W., Sanford R. F. Comparison of the displacements of detached lines of calcium and sodium in stellar spectra. *AphJ* 85, 73, 1937

681. Merrill P. W., Sanford R. F. Studies based on the intensities and displacements of interstellar lines. *AphJ* **87**, 118, 1938.
682. Merrill P. W., Sanford R. F., Wilson C. C., Burwell C. G. Intensities and displacements of interstellar lines. *AphJ* **86**, 274, 1937
683. Merrill P. W., Wilson O. C. Unidentified interstellar lines in the yellow and red. *AphJ* **87**, 9, 1938
684. Merrill P. W., Wilson O. C. Components of interstellar sodium lines. *PASP* **59**, 132, 1947
685. Meyer W. F. A study of certain nebulae for evidences of polarization effects. *Bull. Lick Obs.* **10**, 68, 1920
686. Miczaika G. R. Galaktische Dichtegradienten bei strenger Berücksichtigung der interstellaren Absorption. *Veröff. Badisch. Landessternw. Heidelberg* **14**, № 14, 1947
687. Mie G. Beiträge zur Optik trüber Medien speziell kolloidaler Metallösungen. *Ann. Phys.* **4**, 377, 1908.
688. Miller F. D. Investigations of galactic structure. II. The Milky Way from Aquila to Cygnus. *HA* **105**, 297, 1937
689. " The analysis of general star-counts in obscured regions. *AJ* **46**, 165, 1937
690. " Galactic structure of Milky Way from Aquila to Cygnus. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **23**, 405, 1937
691. " Remarks on dark nebulae in Cygnus. *Publ. Am. Astr. Soc.* **9**, 128, 1938
692. " Note on a bright galactic region. *AJ* **49**, 117, 1941
693. Miller F. D., Hynek J. A. Eighteenth magnitude starcounts and the galactic structure in Cygnus. *Contr. Perkins Obs.* № 13, 1939
694. Mineur H. Recherches sur la distribution de la matière absorbante par les dénombrements de nébuleuses extragalactiques. *Ann. d'Aph.* **1**, 97, 1938
695. " Zero de la relation période-luminosité et absorption de la lumière dans l'espace interstellaire. *Ann. d'Aph* **7**, № 3—4, 1944
696. " L'espace interstellaire. 1947
697. Mineur H., Machiels A. Sur la distribution de la matière absorbante galactique. *CR* **195**, 1234, 1932
698. Minkowski R. New emission nebulae. *PASP* **58**, 305, 1946
699. " The diffuse nebula in Monoceros. *PASP* **61**, 151, 1949
700. Mohler F. L. The resistivity of interstellar space. *Phys. Rev. (2)* **59**, 1043, 1941
701. Monck G. S. Intensity of the continuous spectrum of stars and its relation to absolute magnitude. *AphJ* **44**, 45, 1916
702. Moore J. H. The absorption of light in space. *PASP* **27**, 119, 1914
703. Morgan W. W. On the determination of colour indices of stars from a classification of their spectra. *AphJ* **87**, 460, 1938
704. " Note on interstellar reddening in the region of γ Cygni. *AphJ* **90**, 632, 1939

705. Morgan W. W. Note on interstellar reddening in the region of the Orion nebula. *AJ* 51, 21, 1944
706. Morgan W. W., Bidelman W. P. On the interstellar reddening in the region of the North Polar Sequence and the normal color indices of A-type stars. *AphJ* 104, 245, 1946
707. Mrkos A. Six new bright diffuse galactic nebulae. *Bull. Astr. Inst. Czechoslov.* 2, 59, 1950.
708. Müller H. Untersuchungen über absorbierende Wolken. *ZfAph* 2, 265, 1931
709. Müller H., Hufnagel L. Untersuchungen über absorbierende Wolken beim Nordamerikanebel unter Benutzung von Farbenindizes schwacher Sterne. *ZfAph* 9, 331, 1935
710. Müller R. Ueber den Dunkelnebel bei θ Ophiuchi. *ZfAph* 3, 261, 1931
711. " Dunkelnebel um ρ Ophiuchi. *ZfAph* 3, 369, 1931
712. " Ueber den Dunkelnebel bei ζ Ophiuchi. *ZfAph* 4, 365, 1932
713. " Ueber den Dunkelnebel „Kohlensack“. *ZfAph* 8, 66, 1934
714. Nantkes E., Baker H. Analysis of the Milky Way in Northern Cassiopeia and Cepheus. *AphJ* 107, 113, 1948
715. Nassau J. J., Burger Virginia. Red magnitudes of the North Polar Sequence stars. *AphJ* 103, 25, 1946
716. Nassau J. J., Mac Rae D. A. A study of the galactic structure in a clear region in Cygnus. *AphJ* 110, 40, 1949
717. Nassau J. J., Mac Rae D. A. Stellar spectra and colors in a clear region in Cygnus. *AphJ* 110, 478, 1949
718. Neblette C. B. (Неблит К.). Общий курс фотографии, тт I, II, III. 1930—1932 (перевод)
719. Nölke F. Eine neue Erklärung des Ursprungs der Kometen. *Astr. Abhandl. Hamb. Sternw. Berge.* 17, 38, 1910
720. Nordmann Ch. Sur la dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire. *CR* 146, 266, 1908
721. " Sur la dispersion de la lumière dans l'espace céleste. *CR* 146, 383, 1908
722. " Sur l'état actuel du problème de la dispersion des rayons lumineux dans les espaces interstellaires. Premier essai d'application a des déterminations provisoires de distances stellaires. *CR* 146, 680, 1908
723. " L'espace céleste est-il un milieu dispersif? *Bull. Astr.* 26, 5, 1909
724. Nordmann Ch., Morvan M. Les Observations of an abnormal star by the heterochrome photometer of the Paris Observatory. *CR* 174, 101, 1922
725. Öhman J. Spectrophotometric studies of B, A and F stars. *Uppsala Medd.* № 48, 1930
726. " A polarigraphic study of obscuring clouds in the great Andromeda nebula M 31. *Stockh. Obs. Ann.* 14, № 4, 1942

727. Öhman J. On some photoelectric measurements of polarization and colour made by the Flicker method. Stockh. Obs. Medd. № 55, 1944
728. " Photoelectric work by the Flicker method Stockh. Obs. Ann. 15, № 8, 1949
729. O'Keefe J. A. The distances of the reddened B stars. AphJ 94, 353, 1941
730. Olbers W. Über die Durchsichtigkeit des Weltraums. Bodès Jahrbuch für 1826
731. Oort J. H. The force exerted by the stellar system in the direction perpendicular to the galactic plane and some related problems. Bull. Astr. Inst. Netherl. 6, 249, 1932
732. " Absorption and density distribution in the Galactic system. Bull. Astr. Inst. Netherl. 8, 233, 1938
733. " Quelques resultats concernant la répartition de la matière interstellaire et structure de système galactique. Ann. d'Aph. 1, 71, 1938
734. " Some phenomena connected with interstellar matter. MN 106, 159, 1946
735. Oort J. H. Van de Hulst H. C. Gas and smoke in interstellar space. Bull. Astr. Inst. Netherl. № 376, 1946
736. Oort J. H., Oosterhoff P. Th. Note on the distances and motions of some extremely remote Cepheids in Cygnus. Bull. Astr. Inst. Netherl. 9, 325, 1942
737. Page Th. The purity of interstellar H α emission. AphJ 108, 157, 1948
738. Pahlen E. Ueber Sternabzählungen im Gebiete des Kohlsacks. AN 238, 269, 1930
739. Pannekoek A. De afstand van de donkere nevels in Taurus (The distance of the dark nebulae in Taurus). Proc. Kon. Ak. Wetensch. Amsterd. 23, № 5, 1, 1920
740. " Verdere beschouwingen over de donkere nevels in Taurus (Further remarks on the dark nebulae in Taurus) Proc. Kon. Ak. Wetensch. Amsterd. 23, № 5, 14, 1920
741. " Die nördliche Milchstrasse. Ann. Sterrenw. Leiden 11, № 3, 1, 1920
742. " Researches on the structure of the universe. Publ. Astr. Inst. Univ. Amsterd. 1, 1, 1924
743. " Die südliche Milchstrasse. Ann. Bosscha Sterrenw. Lembang (Java) 2, № 1, 1932
744. " Photographische Photometrie der nördlichen Milchstrasse (nach Negativen auf der Sternwarte Heidelberg (Königstuhl) aufgenommen von Max Wolf). Publ. Astr. Inst. Univ. Amsterd. № 3, 1933
745. " Investigations on dark nebulae. Publ. Astr. Inst. Univ. Amsterd. № 7, 1942
746. Paris Pismis M. A gradient in selective and general absorption in the region of h and χ Persei. HB № 915, 27, 1941
747. Parkhurst J. A. The evidence from photographic colorfilters in regard to the absorption of light in space. AphJ 30, 33, 1909

748. Parkhurst J. A. Zone of 45° of Kapteyn's selected areas: photographic photometry for 1550 stars. Publ. Yerkes Obs. **4**, № 6, 1927
749. Payne-Gaposchkin C. Color indices of giants and dwarfs. HA **89**, 105, 1935
750. " Red indices of stars in eight southern selected areas. HA **105**, 383, 1937
751. " Red indices in southern selected areas. AphJ **90**, 321, 1939
752. Payne-Gaposchkin C., Gaposchkin S. On the establishment of red standards by photographic method. HA **89**, 93, 1935
753. Pihlbad N. E. Lichtabsorption und Teilchengrösse in dispersen Systemen. 1918
754. Plaskett J. S., Pearce J. A. The problem of the diffuse matter in the Galaxy. Publ. Dom. Obs. Victoria **5**, 167, 1933
755. Popper D. M. Studies of faint B-type stars. II. AphJ **100**, 94, 1944
756. Puig J. La materia interstellar. Bibl. Cient. Obs. San Miguel **4**, 1937
757. Raimond J. J. Jr. The coefficient of differential galactic absorption. Gron. Publ. № 46, 1934
758. Ramberg J. M. A spectrophotometric study of the central parts of the regions of the Hyades and Praesepe. Stockh. Obs. Ann. **13**, № 9, 1941
759. Ranyard A. C. Knowledge № 17, 253, 1894
760. Rayleigh J. W. S. On the transmission of light through an atmosphere containing small particles in suspension, and on the origin of the blue of the sky. Phil. Mag. **5**, 375, 1899
761. Reber G. Cosmic Static (Note). AphJ **91**, 621, 1940
762. " Cosmic Static. AphJ **100**, 279, 1944
763. Reimer J. P. Die Nebel in der Gegend von Omikron Persei. Mitteil. Wiener Sternw. № 4, 237, 1935
764. Reiz A. A Study of external Galaxies with Special Regard to the Distribution Problem. Lund Obs. Ann. № 9, 1941
765. Reynolds J. H. Preliminary Observations of spiral nebulae in polarised light. MN **72**, 553, 1912
766. Rhijn P. J. van. On the absorption of light in space derived from the diameter-parallax curve of globular clusters. Bull. Astr. Inst. Netherl. **4**, 123, 1928
767. " Distribution of stars according to apparent magnitude, galactic latitude and galactic longitude. Gron. Publ. № 43, 1929
768. " The absorption of light in interstellar galactic space and the galactic density distribution. Gron. Publ. № 47, 1936
769. " On the interstellar line intensities as a criterion of distance. Gron. Publ. № 50, 1946
770. " On the distribution of interstellar grains. Gron. Publ. № 53, 1949
771. Rhijn P. J. van, Bok B. J. The secular parallax of the stars of different apparent magnitude and galactic latitude. Gron. Publ. № 45, 1931
772. Ribaud G. (Рибо Г.). Оптическая пиометрия. 1934 (перевод)
773. Riggs Ph. S. Direct-photography color photometry of a galactic cluster (Abstract). AJ **52**, 129, 1947
774. Risley A. M. The Milky Way in Cepheus. AphJ **97**, 277, 1943
775. " A bright region in Cepheus. AphJ **109**, 314, 1949

776. Rosenblatt A. On the movement of a cosmic cloud. Amer. J. Math. **66**, 268, 1944
777. Ross F. E. Photographic photometry. AphJ **84**, 241, 1936
778. Ross F. E., Calvert Mary R. Atlas of the Northern Milky Way (made from negatives secured at the MtWilson and Lowell observatories by F. E. Ross with the assistance of Kenneth Newman at Flagstaff). Chicago, 1934
779. Ross F. E., Zug R. S. Magnitudes and colors of the Eros comparison stars. AN **239**, 289, 1930
780. Rosseland S. Absorption of light in space. MN **98**, 301, 1938
781. Rudnick J. On reddening in B-type stars. AphJ **83**, 394, 1936
782. " The color index of the night sky. AphJ **86**, 212, 1937
783. Russell H. N. Dark Nebulae. Proc. Nat. Ac. Sc. № 8, 115, 1922
784. " The analysis of spectra and its applications in astronomy. MN **95**, 610, 1935
785. Rybka E. V. Photovisual magnitudes of 635 stars North of $\delta = +80^\circ$. Prace Wroclawsk. Towarz. Naukow. Seria B, № 18, 1949
786. " Red magnitudes of 172 stars North of $\delta = +84^\circ$. Prace Wroclawsk. Towarz. Naukow. Seria B, № 28, 1950
787. Saha M. N. Molecules in interstellar space. Nature **139**, 840, 1937
788. Salet P. Sur l'absorption et la diffusion de la lumière par les météorites de l'espace intersidéral. CR **152**, 994, 1911
789. Sanford R. F. Regional study of the interstellar calcium lines. AphJ **86**, 136, 1937
790. " Stars having double H and K lines with one or both components of interstellar origin. PASP **51**, 238, 1939
791. " Interstellar sodium lines in stars of classes R and N. PASP **54**, 257, 1942
792. " Interstellar calcium lines in the spectra of stars in open clusters. AphJ **110**, 117, 1949
793. Schalén C. The space distribution of B and A type stars in bright and dark galactic region. Uppsala Medd. №37, 1928
794. " Zur Frage einer allgemeinen Absorption des Lichtes im Welt-raum. AN **236**, 249, 1929
795. " The relation between distance and colour for stars in the direction of the open cluster NGC663. Uppsala Medd. № 49, 1930
796. " On the dark nebulae in Cepheus. Uppsala Medd. № 50, 1930
797. " Note on colour excesses in the cluster NGC663 and its surroundings. Uppsala Medd. № 53, 1931
798. " Note on space reddening in Cassiopeia. PA **39**, 21, 1931
799. " The distribution of stars in galactic regions in relation to the dark nebulae. Uppsala Medd. № 55, 1932
800. " Untersuchungen über Dunkelnebel. Uppsala Medd. № 58, 1934
801. " The distribution of stars in the Scutum region of the Milky Way. Uppsala Medd. № 61, 1935
802. " Ueber Probleme der interstellaren Absorption. Uppsala Medd. № 64, 1936
803. " Nebuleuses obscures et leur constitution. Ann. d'Aph **1**, 60, 1938

804. Seares F. H. The influence of dispersion in the absolute magnitudes on the determination of dimensions of dark nebulae. Bergstrand Festschrift, 1938
805. " Ueber die Bedeutung des Strahlungsdruckes und der Gravitation für die Verteilung interstellarer Materie. ZfAph 17, 260, 1938
806. " Beiträge zur Theorie der interstellaren Absorption. Uppsala Obs. Ann. 1, №2, 1939
807. " Some remarks concerning the dark cloud in Auriga. Ark. Mat. Astr. Fys. 27A, № 11, 1940
808. " Die dunkle Materie im Sternsystem. Naturwiss. 28, 81, 1940
809. " Sur les particules solides dans l'espace. Scientia (4) 69, 1, 1941
810. " Studies of reflection nebulae. Uppsala Obs. Ann. 1, № 9, 1945
811. " Color effects in reflection nebulae. Harv. Obs. Mon. № 7, 11, 1948
812. " Color effects in reflection nebulae. Uppsala Obs. Ann. 2, 5, 1948
813. " Neuere Untersuchungen über die interstellare Materie. Naturwiss 36, 33, 1949
814. Schalén C., Wernberg G. Einige Berechnungen des Strahlungsdruckes auf absorbierende Teilchen. Ark. Mat. Astr. Fys. 27A, № 26, 1941
815. Schamés L. La matière interstellaire comme cause éventuelle du déplacement du spectre des nébuleuses vers le rouge. CR Soc. Phys. Hist. Nat. Genève (5) 19, 144, 1937
816. Schatzman E. Remarque sur l'évolution des nuages interstellaires. Ann. d'Aph 12, 161, 1949
817. " Sur l'absorption sélective des nuages interstellaires. Ann. d'Aph 12, 227, 1949
818. " Sur l'abondance des grands nuages de matière interstellaire. Ann. d'Aph 13, 367, 1950.
819. Schaub W. Qualitative Spektralanalyse. Hdb. Exp. Phys. 26, 221, 1937
820. Schewick van H. Das interstellare System der Kleinkörper. Himmelswelt 47, 140, 1937
821. Schilt J. The intensity of interstellar sodium lines as a criterion for stellar distance and the distribution of the early-type stars. AJ 52, 209, 1947
822. " The gravitational galactic force and the density of interstellar matter. AJ 55, 97, 1950
823. Schmidt H. Infrarotstrahlung aus den Gebieten des Galaktischen Zentrums. Sterne № 4—6, 59, 1949
824. " Eine Bemerkung zur Frage einer sonnennahen interstellaren Absorption. AN 278, 250, 1950
825. Schönberg E. Das Gesetz der Verfärbung bei Diffusion und einige astronomische Anwendungen derselben. Mitteil. Sternw. Breslau 3, 53, 1932
826. " Ueber die Verteilung und die Natur der dunklen Materie im Weltraum. Zs. techn. Phys. 17, 359, 1936
827. " Über neblige Sterne. AN 263, 417, 1937

828. Schönberg E. The density distribution in dark clouds and their masses. Zs. Naturforsch. 4a, 161, 1949
829. Schönberg E., Jung B. Ueber die Lichtzerstreuung im interstellaren Raum durch Wolken metallischer Partikel. AN 253, 261, 1934
830. Schönberg E., Jung B. Ueber die Absorption des Lichtes im interstellaren Raume bei verschiedenen Zuständen der dunklen Materie. Mitteil. Sternw. Breslau 4, 61, 1937
831. Schönberg E., Lambrecht H. Interstellare Materie. Erg. exakt. Naturw. 19, 1, 1940
832. Schwassmann A., Rhijn P. J. van. Spektral-Durchmusterung der 115 nördlichen Kapteyn'schen Eichfelder. P. I. (Eichfeld I bis 19). Bergedorf, 1935
833. Schwassmann A., Rhijn P. J. P. II. (Eichfeld 20 bis 43). Bergedorf, 1938
834. Seares F. H. Photographic and photovisual magnitudes of stars near the north pole. AphJ 41, 206, 1915
835. " A simple method of determining the colors of the stars. Mt Wils. Comm. № 33, 1916
836. " Revised magnitudes for stars near the north pole. AphJ 56, 97, 1922
837. " The mean color-index of stars of different apparent magnitudes. Contr. Mt Wils. Obs. № 287, 1925
838. " Note on the distribution and number of nebulae. AphJ 62, 168, 1925
839. " Effect of space absorption on the calculated distribution of stars. AphJ 74, 91, 1931
840. " Systematic corrections to magnitudes and an extension of the polar sequence. Contr. Mt Wils. Obs. № 472, 1933
841. " Selective absorption of star-light by interstellar clouds. Proc. Nat. Ac. Sc. 22, 327, 1936
842. " Photoelectric Magnitudes and the International standards. AphJ 87, 257, 1938
843. " The dust in space. PASP 52, 80, 1940
844. " Selective absorption near the north pole and the spectrum-colour relation. MN 103, 281, 1943
845. Seares F. H., Hubble E. P. The color of the nebulous stars. AphJ 52, 8, 1920
846. Seares F. H., Humason M. L., Joyner M. C. Stars of abnormal color in S. A. 40. PASP 43, 53, 1931
847. Seares F. H., Joyner M. C. Distribution of color indices in S. A. 40. PASP 43, 57, 1931
848. Seares F. H., Joyner M. C. Systematic corrections to photographic magnitudes of polar stars. AphJ 79, 203, 1934
849. Seares F. H., Joyner M. C. Some comparisons of spectral classification. AphJ 98, 244, 1943
850. Seares F. H., Joyner M. C. Discussion of color index and spectral type. AphJ 98, 261, 1943
851. Seares F. H., Joyner M. C. Effective wavelengths of standard magnitudes; color temperature and spectral type. AphJ 98, 302, 1943
852. Seares F. H., Joyner M. C. Relation between color index and effective wavelength from the observations of Hertzsprung and Vanderlinden. AphJ 100, 264, 1944

853. Seares F. H., Joyner M. C. Revised standards of color index for polar stars. *AphJ* 101, 15, 1945
854. Seares F. H., Kapteyn J. C., Rhijn P. J. van. Mount Wilson Catalogue of photographic magnitudes in Selected Areas. Publ. Carnegie Inst. № 402, 1930
855. Seares F. H., Ross F. E., Joyner Mary C. The catalogue of magnitudes and colors north of $+80^\circ$. Publ. Carnegie Inst. № 532, 1941
856. Seares F. H., Sitterly B. W., Joyner M. C. Magnitudes of southern comparison stars for Eros. *AphJ* 72, 311, 1930
857. Secchi A. *CR* 60, 543, 1865
858. Seeliger H. Betrachtungen über die räumliche Verteilung der Sterne. *AN* 182, 229, 1909
859. " Ueber die räumliche Verteilung der Sterne im schematischen Sternsystem. *Münch. Bericht* № 40, 413, 1911
860. Seyfert C. K. Red indices of 104 external galaxies. *HA* 105, 209, 1934
861. " A study of faint northern galaxies. *HA* 105, 219, 1937
862. Seyfert C. K., Nassau J. J. Star counts in the Andromeda Nebula. *AphJ* 101, 171, 1945
863. Seyfert C. K., Popper D. M. Studies of faint B-type stars. *AphJ* 93, 461, 1941
864. Shapley H. On the spectral constitution of the nearer parts of the Milky Way. *HC* № 240, 1922
865. " Note on obscuring cosmic clouds in high galactic latitudes. *HC* № 281, 1925
866. " On the distribution of galaxies. *Proc. Nat. Ac. Sc.* 19, 389, 1933
867. " Note on rich nebular fields in low latitudes. *HB* № 899, 17, 1935
868. " Variable stars and faint galaxies near NGC 6215 and 6221. *HB* № 901, 1935
869. " Variable stars and galaxies in a southern Milky Way field. *HC* № 411, 1936
870. " Note on one hundred variable stars beyond the galactic center. *HB* № 904, 1936
871. Shapley H., Ames A. The Coma-Virgo Galaxies. I. On the transparency of intergalactic space. *HB* № 864, 6, 1929
872. Shapley H., Ames A. A survey of the external galaxies brighter than the thirteenth magnitude. *HA* 88, 43, 1932
873. Shapley H., Boyd C. D. Twenty-seven new variable stars in a transparent anti-center region. *HB* № 905, 7, 1937
874. Shapley H., Boyd C. D. Distant variable stars in low galactic latitudes. *HA* 105, 243, 1937
875. Shapley H., Jones R. Note on an obscuring cloud near the north pole. *HB* № 905, 14, 1937
876. Shapley H., Jones R. Survey of 16639 galaxies north of declination $+70^\circ$. *HA* 106, 1, 1938
877. Shapley H., Walton M. L. Spectra and color indices at the north galactic pole. *HB* № 859, 2, 1928
878. Sherman F. Note on the interstellar band at $\lambda 4430$ (Note). *AphJ* 90, 630, 1939

879. Siedentopf H. Zur Deutung der Hagenschen Wolken. *ZfAph* **14**, 293, 1937
880. Slipher V. M. Preliminary note on the spectrum of α (Mira) Ceti. *AphJ* **25**, 66, 1907
881. " On the spectrum of the nebula in the Pleiades. *Bull. Lowell Obs.* № 55, 26, 1912
882. Slocum L. T. A study of color-indices of faint stars in five selected areas in the Milky Way. *Bull. Lick Obs.* **15**, 154, 1931
883. Slocum L. T., Sitterly B. W. An absorbing cloud in galactic latitude $+18^\circ$. *HB* № 905, 16, 1937
884. Smart W. M. Catalogue of photographic proper motions determined in the years 1922—1927. *Cambr. Astr. Observations* № 26, 1, 1928
885. Smith C. E. An investigation of selective absorption in the Aquila region of the Milky Way. *Bull. Lick Obs.* **18**, 39, 1937
886. Smith S. Some notes on the structure of elliptical nebulae. *AphJ* **82**, 192, 1935
887. Spitzer L. Jr. Dynamics of the interstellar medium. *AphJ* **93**, 369, 1941
888. " The dynamics of the interstellar medium. II. *AphJ* **94**, 232, 1941
889. " The equilibrium of interstellar matter. *Publ. Am. Astr. Soc.* **10**, 144, 1941
890. " The dynamics of the interstellar medium. III. Galactic distribution. *AphJ* **95**, 329, 1942
891. " *Publ. Am. A. Soc.* **10**, 235, 1942
892. " Temperature of interstellar matter (Abstract). *AJ* **52**, 130, 1947
893. " The galactic magnetic field (Abstract). *AJ* **53**, 117, 1948
894. " The temperature of interstellar matter. I. *AphJ* **107**, 6, 1948
895. " The distribution of interstellar sodium. *AphJ* **108**, 276, 1948
896. " The formation of cosmic clouds. *Harv. Obs. Mon.* № 7, 87, 1948
897. " The temperature of interstellar matter. II. *AphJ* **109**, 337, 1949
898. Spitzer L. Jr., Epstein I., Hen L. Equivalent widths of interstellar calcium lines. *Ann. d'Aph* **13**, 147, 1950
899. Spitzer L. Jr., Savedoff M. P. The temperature of interstellar matter. III. *AphJ* **111**, 593, 1950
900. Spitzer L. Jr., Turkey J. W. Interstellar polarization, galactic magnetic fields and ferromagnetism. *Science* **109**, 461, 1949
901. Stebbins J. Absorption and space reddening in the Galaxy as shown by the colors of globular clusters. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **19**, 222, 1923
902. " Interstellar absorption in our own and other Galaxies. *Harv. Obs. Mon.* № 7, 3, 1948
903. Stebbins J., Huffer C.M. Absorption and space reddening in the Galaxy from the colors of B-stars. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **19**, 597, 1933
904. Stebbins J., Huffer C. M. Space reddening in the Galaxy from the colors of 733 B-stars. *Publ. Washb. Obs.* **15**, 217, 1934
905. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Space reddening in the Galaxy. *AphJ* **90**, 209, 1939
906. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Colours of 1332 B-stars. *AphJ* **91**, 20, 1940

907. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. The mean coefficient of selective absorption in the Galaxy. *AphJ* 92, 193, 1940
908. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Selective absorption in space near the Sun. *AphJ* 94, 215, 1941
909. Stebbins J., Whitford A. E. Absorption and space reddening in the Galaxy from the colors of globular clusters. *AphJ* 84, 132, 1936
910. Stebbins J., Whitford A. E. Photometric magnitudes and colors of extragalactic nebulae. *AphJ* 86, 247, 1937
911. Stebbins J., Whitford A. E. The magnitudes of the thirty brightest stars in the northern polar sequence. *AphJ* 87, 237, 1938
912. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. I. The law of space reddening from the colors of O and B stars. *AphJ* 98, 20, 1943
913. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. III. The colors of 238 stars of different spectral types. *AphJ* 102, 318, 1945
914. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. V. Infrared radiation from the region of the galactic center. *AphJ* 106, 235, 1947
915. Stebbins J., Whitford A. E. Infrared radiation from the region of the galactic center (Abstract). *AJ* 52, 130, 1947
916. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. VI. The colors of extragalactic nebulae. *AphJ* 108, 413, 1948
917. Stebbins J., Whitford A. E. The relation between color index and red shift for extragalactic nebulae (Abstract). *AJ* 53, 204, 1948
918. Stebbins J., Whitford A. E., Johnson H. L. Photoelectric magnitudes and colors of stars in selected areas 57, 61 and 68. *AphJ* 112, 469, 1950
919. Stenquist E. A spectrophotometric study of the Cambridge proper motion stars. *Uppsala Medd.* № 72, 1937
920. " Selective absorption in the directions of the Cambridge regions. *Bergstrand Festschrift* 50, 1938
921. Sticker B. Der Cepheusnebel. *Veröff. Univ. Sternw. Bonn.* № 30, 1, 1937
922. Stobbe J. Ueber die spektrale Empfindlichkeit photographischer Platten. *AN* 251, 65, 1934
923. Stoddard L. G. A study of general and selective absorption in four small dark nebulae. *AphJ* 102, 267, 1945
924. Stoy R. H. Standard magnitudes at -45° declination. *MN* 103, 288, 1943
925. Stoy R. H., Menzies A. Re-observation of the Magnitudes of the Southern Comparison stars for Eros. *MN* 104, 298, 1944
926. Strohmeier W. Spektralphotometrische Untersuchungen der rotverfärbten Sternen. *ZfAph* 17, 83, 1939
927. " Rote Nebel in der Wintermilchstrasse. *ZfAph* 27, 49, 1950
928. Strömgren B. The physical state of interstellar Hydrogen. *AphJ* 89, 526, 1939
929. " On the density distribution and chemical composition of the interstellar gas. *AphJ* 108, 242, 1948
930. Struve O. On the intensities of the lines $\text{Ca}^+ 3934$ and $\text{Si}^{++} 4553$ in stars of spectral types O5—B3. *PA* 34, 158, 1926

931. Struve O. Remarks on the colors of B-and A-type stars. AN 227, 377, 1926
932. " Interstellar calcium. AphJ 65, 163, 1927
933. " Further work on interstellar calcium. AphJ 67, 353, 1928
934. " Detached calcium lines in Perseus. Obs. 52, 52, 1929
935. " The determination of stellar distances from intensities of the detached calcium line K. MN 89, 567, 1929
936. " Rayleigh scattering in interstellar space. AphJ 77, 153, 1933
937. " Matter in interstellar space. PA 41, 423, 1933
938. " Notes on calcium clouds. AphJ 79, 273, 1934
939. " An emission nebula near σ Scorpii. AphJ 86, 94, 1937
940. " La constitution des nébuleuses par reflexion. Ann. d'Aph 1, 143, 1938
941. " The physical state of the interstellar gas clouds. Proc. Nat. Ac. Sc. 25, 36, 1939
942. " Die Emission und Absorption von Spektrallinien im interstellaren Raum. ZfAph 17, 316, 1939
943. " The constitution of diffuse matter in interstellar space. J. Ac. Sc. Wash. 31, 217, 1941
944. " Diffuse matter in Space. 1942
945. " The Zürich meeting of the international Astronomical Union. PA 56, 401, 1948
946. " Polarization of starlight. Sky a. Telesc. 8, 274, 1949
947. Struve O., Biesbroeck G. van, Elvey C. T. The 150-foot nebular spectrograph of the McDonald observatory. AphJ 87, 559, 1938
948. Struve O., Elvey C. Emission Nebulosity in Cygnus and Cepheus. AphJ 88, 364, 1938
949. Struve O., Elvey C. Observations made with the nebular spectrograph of the McDonald Observatory. AphJ 89, 119, 1939
950. Struve O., Elvey C. Observations made with the nebular spectrograph of the McDonald observatory. II. AphJ 89, 517, 1939
951. Struve O., Elvey C. T., Keenan P. C. On the colors of diffuse nebulae having continuous spectra. AphJ 77, 274, 1933
952. Struve O., Elvey C. T., Linke W. Observation with nebular spectrograph of McDonald observatory (Part III). AphJ 90, 301, 1939
953. Struve O., Elvey C. T., Roach F. E. Reflection nebulae. AphJ 84, 219, 1936
954. Struve O., Keenan P., Hynek J. Color temperatures of B-type stars and Rayleigh scattering. AphJ 79, 1, 1934
955. Swings P. Molecular absorption in interstellar space. MN 97, 212, 1937
956. " L'absorption interstellaire. Ciel et Terre 53, 65, 1937
957. " Les constituants physiques de l'espace interstellaire. Ann. d'Aph 1, 39, 1938
958. " The interstellar absorption lines of molecular origin. J. R. Astr. Soc. Canada 35, 71, 1941
959. Swings P., Rosenfeld L. Considerations regarding interstellar molecules. AphJ 86, 483, 1937
960. Thackeray A. D. On some possible evolutionary trends in the interstellar medium. Obs. 68, 22, 1948

961. Thackeray A. D. Observations of the brightest regions of three diffuse nebulae. *MN* 110, 343, 1950
962. Thorndike S. L. The distribution of interstellar scattering matter as shown by colors of early type stars. *Bull. Lick Obs.* 17, № 461, 9, 1934
963. Townes Ch. H. Interpretation of radio radiation from the Milky Way. *AphJ* 105, 235, 1947
964. Toydemir N. Contribution aux recherches sur l'existence d'une matière obscure interstellaire homogène autour du soleil. *Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul (NS)* 3, 11, 1937
965. Trippe W., Jung B. Photometrisch - stellarstatistische Untersuchungen in der südlichen Milchstrasse. *ZfAph* 20, 69, 1940
966. Trumpler R. J. Absorption of light in the galactic system. *PASP* 42, 214, 1930
967. " Spectrophotometric measures of interstellar light absorption. *PASP* 42, 267, 1930
968. " Preliminary results on the distances, dimensions and space distribution of open star clusters. *Bull. Lick Obs.* 14, № 420, 154, 1930
969. " The star cluster in Coma Berenices. *Bull. Lick Obs.* 18, № 494, 167, 1938
970. " Galactic star clusters. *AphJ* 91, 186, 1940
971. Turner H. H. On the diminution of light in its passage through interstellar space. *MN* 69, 61, 1908
972. Unsöld A., Star counts in the region of the „Coal Sack“. *HB*, № 870, 13, 1929
973. Unsöld A., Struve O., Elvey C. T. Zur Deutung der interstellaren Calciumlinien. *ZfAph* 1, 314, 1930
974. Vanäs E. A spectrophotometric study of stars in Cygnus. *Uppsala Obs. Ann.* 1, № 1, 3, 1939
975. " The dark nebulae in Cygnus, Cepheus, Cassiopeia and Ophiuchus. *Ark. Mat. Astr. Fys.* 27, № 15, 1941
976. Velghe A. Over kleuraequivalenten van sterren in de Selected Areas 40 en 41 van Kapteyn. *Gent Med.* № 5, 1941
977. Vyssotsky A. N., Williams E. T. R. Color indices and integrated magnitudes of fifteen bright globular clusters. *AphJ* 77, 301, 1939
978. Wallenquist A. A photometric research on two open clusters in Cassiopeia (Messier 52 and NGC663). *Uppsala Medd.* № 42, 1928
979. " A photometric research on the galactic cluster Messier II (NGC6705). *Uppsala Medd.* № 65, 1936
980. " The dark nebula at δ Ophiuchi. *Uppsala Medd.* № 71, 1937
981. " A study of the distribution of the stars in the Sagittarius and Ophiuchus regions of the Milky Way. *Ann. Bosscha Sterrenw. Lembang (Java)* 5, № 5, 1, 1939
982. " An attempt to represent the dark nebula at δ Ophiuchi with the aid of absorbing screens. *Ark. Mat. Astr. Fys.* 27, № 14, 1941
983. " Mörk materie i världsalltet. *Stockholm*, 1941

984. Wallenquist A. Photoelectric colours of stars in the galactic cluster Praesepe. Ark. Astr. Swens. Vetenskaps--Ak. 1, 101, 1950
985. Walter K. Über Polarisation im Nebel um FU Orionis. ZfAph 20, 256, 1941
986. Warwick C. The effect of irregular absorption on galaxy distribution. Proc. Nat. Ac. Sc. 96, 415, 1950
987. Watson F. Jr. Distribution of meteoric masses in interstellar space. HA 105, 623, 1937
988. Weaver H. F. Color excess, total photographic absorption and the distance of the dark cloud in the Aquila region of the Milky Way. AphJ 110, 190, 1949
989. Wellmann P. Die Absorption und Streuung durch kleinere zylindrische Körper im interstellaren Raume. ZfAph 14, 195, 1937
990. Wernberg G. On the dimensions of the dark nebulae. Bergstrand Festschrift, 1938
991. " A spectrophotometric investigation on stars in bright and dark regions in Cepheus. Uppsala Obs. Ann. 1, № 4, 1941
992. " Stjärnfördelning och absorption inom ett område i Cepheus. Pop. Astr. Tidskrift 22, 1, 1941
993. Westgate C. Note concerning the statistical relation between color excesses and intensities of the interstellar calcium line K. AphJ 78, 65, 1933
994. Whipple F. L. The colors and spectra of external galaxies. HC № 404, 21, 1935
995. " Proc. Am. Phil. Soc. 79, 499, 1938
996. " Concentration of the interstellar medium. AphJ 104, 1, 1946
997. " Kinetics of cosmic clouds. Harv. Obs. Mon. № 7, 109, 1948
998. Whipple F., Greenstein J. On the origin of interstellar radio disturbances. Proc. Nat. Ac. Sc. USA 23, 177, 1937
999. Whitford A. E. An extension of the interstellar absorption-curve (Note). AphJ 107, 102, 1948
1000. " An infra-red survey of the Sagittarius region at wave length 2 μ . AJ 53, 206, 1948
1001. Wilkens H. Untersuchungen über interstellare Absorption auf Grund von Blau-Gelb-Rot-Helligkeiten von 27 Kugelhaufen. Mitteil. Sternw. Breslau 4, 1, 1937
1002. " Ueber die Form des Gesetzes der interstellaren Absorption in der Milchstrasse. Mitteil. Sternw. Breslau 4, 42, 1937
1003. " Die interstellare Absorption im Weltenraum. Sterne № 7, 145, 1937
1004. " Das Gesetz der interstellaren Absorption. Himmelswelt 47, 181, 1937
1005. " Photometrisch-stellarstatistische Untersuchungen in ausgewählten hellen und dunklen Feldern der südlicher Milchstrasse. Veröff. Sternw. Breslau № 10, 350, 1939
1006. " E stadística estelar simultáneamente en varias longitudes de ondas efectivas y la leyes de la absorción interstellar. Publ. Obs. La Plata 22, 1945
27. Бюлл. Абст. астроф. общ., № 12

1007. Wilkens H. Publ. Obs. La Plata 23, 1947
1008. Williams E. G. The relation between color excess and interstellar calcium line intensity. *AphJ* 79, 280, 1934
1009. Williams E. G., Knox-Shaw H. Magnitudes and colours of O and early B-type stars south of -35° declination. *MN* 102, 226, 1942
1010. Williams E. T. R. Evidence for space reddening from bright B-stars. *AphJ* 75, 386, 1932
1011. " A study of color indices of 535 faint stars of known spectra in low galactic latitudes. *AphJ* 79, 395, 1934
1012. Wilson O. C. Intercomparison of doublet ratio and line intensity for interstellar sodium and calcium. *AphJ* 90, 244, 1939
1013. " A preliminary lower limit to the ratio C^{12}/C^{13} in interstellar space. *PASP* 60, 198, 1948
1014. Wilson O. C., Merrill P. W. Analysis of the interstellar D-lines. *AphJ* 86, 44, 1937
1015. Wilson R. E. Galactic rotation and absorption. *AphJ* 92, 170, 1940
1016. Wirtz C. Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhaufen. *Lund Medd.* II, № 29, 1923
1017. " Kugelnebel, Spiralnebel und Flächenhelligkeit. Seeliger Festschrift, 66, 1924
1018. Wolf M. Die Milchstrasse. Leipzig, 1908
1019. " Ueber den dunklen Nebel NGC 6960. *AN* 219, 109, 1923
1020. " Die Sternleeren bei S Monocerotis. Seeliger Festschrift, 312, 1924
1021. " Die Sternleeren beim Americanebel. *AN* 223, 89, 1924
1022. " Die Sternleeren bei M 11 Scuti. *AN* 229, 1, 1926
1023. Wright W. H. Further note on lines in the visual spectrum of α Cygni. *Bull. Lick Obs.* 10, № 333, 108, 1921
1024. Wurm K. Moleküle im interstellaren Raum. *Naturwiss.* 29, 694, 1941
1025. Zug R. S. An investigation of color excess in galactic star clusters. *Bull. Lick Obs.* 16, № 454, 119, 1935
1026. " Color excess in three open clusters in Sagittarius. *Bull. Lick Obs.* 18, № 489, 89, 1937
1027. Zwicky F. Interstellar matter. *Experimentia* 6, 441, 1950
1028. Dusty space. *Telescope* 4, 108, 1937
1029. Interstellar matter (Note). *Obs.* 70, 44, 1950
1030. Magnitudes of the North Polar Sequence. *Trans. IAU* 1, 71, 1922
1031. Relative gradients of 250 stars determined at the Royal Observatory Greenwich
1032. Transactions of the International Astronomical Union 7, 1950

Дополнительный список литературы

1. Бархатова К. А. Рассеянные звездные скопления. Уч. зап. Уральск. Гос. Унив. вып. 7, физ.-мат., 61, 1949
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. Звездно-статистические работы В. Струве. Труды Совещ. по ист. естествозн. 24—26 дек. 1946, 132, 1948
1. Becker F., Grottrian W. Über die Galaktischen Nebel und den Ursprung der Nebellinien. Erg. exakten Naturw. 7, 8, 1928
2. Becker W. Sterne und Sternsysteme. 2. verbesserte Auflage, 1950
3. Jäger F. W. Neues über interstellare Absorption. Sterne № 7—9, 130, 1949
4. Lower H. A. Photographs of diffuse nebulosities. AphJ 89, 137, 1939
5. O'Keefe J. Photographs of two diffuse nebulosities. AphJ 89, 136, 1939
6. Schluter A., Biermann L. Interstellare Magnetfelder. Zs. Naturforsch 5, № 5, 237, 1950
7. Strömgren B. The physical state of interstellar hydrogen. AphJ 89, 526, 1939 (имеется русский перевод в «Астрофизическом сборнике» под ред. Н. Н. Парийского, 1949).

О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	Стр. 3
ГЛАВА I. Обзор работ по проблеме галактического поглощения света. Состояние проблемы и вытекающие из него задачи.	
§ 1. Вводные замечания	6
§ 2. Общая проблема строения Галактики	7
§ 3. Накопление данных, противоречащих представлению о полной прозрачности космического пространства. Космическое погло- щение света звезд	9
§ 4. Общее галактическое поглощение	21
§ 5. Темные облака. Поглощение на близких расстояниях от Солнца	34
§ 6. Избирательное поглощение	48
§ 7. Неравномерность поглощения. Связь между общим поглоще- нием и избирательным поглощением. Поглощающая среда пы- левых частиц и межзвездный газ	59
§ 8. Отношение общего фотографического поглощения к избытку цвета. Характер зависимости поглощения от длины волны	76
§ 9. Природа межзвездной поглощающей среды	88
§ 10. Общая характеристика состояния проблемы галактического по- глощения и вытекающие отсюда задачи	103
ГЛАВА II. Методика определения цветовых показателей звезд от 10.3 до 13.3 зв. величины.	
§ 1. Вводные замечания	121
§ 2. Задача и план работы	121
§ 3. Наблюдательная аппаратура	127
§ 4. Наблюдения	129
§ 5. Светофильтры	134
§ 6. Фотопластинки	138
§ 7. Фотографическая обработка фотопластинок	142
§ 8. Негативный материал	147
§ 9. Фотометрические измерения негативов	149
§ 10. Построение характеристических кривых и вывод звездных ве- личин	166
§ 11. Фотографические величины звезд. Их связь с интернациональ- ной системой	182
§ 12. Фотовизуальные величины звезд. Их связь с интернациональ- ной системой	194
§ 13. Эффективные длины волн нашей системы	198
§ 14. Показатели цвета звезд. Их связь с интернациональной систе- мой	206
§ 15. Ошибки наших определений	211
ГЛАВА III. Каталог показателей цвета 14000 звезд в Площадах Каптейна № 1—43.	
§ 1. Вводные замечания	229
§ 2. Каталог показателей цвета 14000 звезд ПК № 1—43	229
§ 3. Краткая характеристика Каталога	260

ГЛАВА IV. Исследование избирательного поглощения света в Галактике на основе цветовых избытков звезд.

§ 1. Вводные замечания	269
§ 2. Деление звезд Каталога на группы различных спектральных подклассов и различных видимых зв. величин для вычисления средних показателей цвета	269
§ 3. К вопросу о подразделении поздних звезд Бергедорфского Каталога на гиганты и карлики	273
§ 4. Нормальные показатели цвета звезд	288
§ 5. Средние расстояния до отдельных групп звезд и их исправление за поглощение	299
§ 6. Средние избытки цвета звезд для отдельных истинных расстояний	303
§ 7. Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 8, 9, 19, 24 и 40, расположенных в галактической плоскости	313
§ 8. Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 18, 23, 25, 39 и 41, расположенных на малых галактических широтах	324
§ 9. Поглощение света в двенадцати Площадах Каптейна №№ 2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42 и 43, расположенных на умеренных галактических широтах	331
§ 10. Поглощение света в одиннадцати Площадах Каптейна №№ 1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36 и 37, расположенных на средних галактических широтах	342
§ 11. Поглощение света в десяти Площадах Каптейна №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34 и 35 высоких галактических широт	350
§ 12. Средние величины галактического поглощения света	356
§ 13. Значения параметров a_0 и β формулы Паренгаго, вычисленные на основе наших данных об избытках цвета	360
§ 14. Некоторые физические характеристики рассеивающей материи в Галактике. Заключительные замечания	363
Литература	375

Напечатано по постановлению
ред.-изд. совета АН Грузинской ССР

Редактор—Чл.-корр. АН Грузинской ССР
проф. Е. К. Харадзе

Техн. редактор А. Р. Тодуа
Корректор О. Н. Гиоргадзе
Выпускающий К. М. Григолия

Сдано в произв. 22.V.1952. Подписано к печати 21.VIII.1952.
Формат бумаги $70 \times 108^{1/16}$ бумажн. л. 13,25. Печатных л. 36,3
Авторских л. 27,8. Уч.-издат. л. 28,55. Зак. № 993. УЭ 04375.
Тираж 750. Цена 20 руб.

Типография издательства Академии Наук Грузинской ССР,
Тбилиси, ул. А. Церетели № 3/5.

გაბო 8ა5.
Цена 20 руб.